

Chapitre 1 - De la loi à l'hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport

L'hypothèse de Zahavi est connue comme le constat empirique suivant lequel le budget-temps de transport quotidien moyen est égal à une heure. Elle est aussi une interprétation de l'observation parallèle des croissances des distances et des vitesses et de la stabilité du budget-temps de transport. En effet, le lien simple entre ces trois grandeurs : $\text{Distance} = \text{Temps} \times \text{Vitesse}$, indique directement, qu'à budget-temps constant, une amélioration de la vitesse résulte en l'augmentation de la distance parcourue. C'est donc un réinvestissement total des gains de temps, qui caractérise la gestion des temps de transport.

La constance des budgets-temps de transport simplifie donc le mécanisme de réallocation du temps, interne au comportement de mobilité. Elle permet alors d'apporter quelques éléments de compréhension sur d'autres phénomènes. Par exemple, l'hypothèse de Zahavi est centrale dans la notion de couplage entre la croissance de la mobilité des personnes et la croissance de l'économie. La croissance de l'économie est, en effet, synonyme d'une croissance des revenus permettant d'accéder aux vitesses plus rapides et souvent plus coûteuses. Elle est aussi un facteur d'innovation et de progrès technique, et apporte donc de nouvelles technologies permettant d'améliorer les vitesses des déplacements. Finalement, la croissance de l'économie met à disposition de la population des vitesses plus rapides. Et sous l'hypothèse d'une volonté individuelle de conserver un budget-temps de transport constant, chacun verra dans ces nouvelles vitesses, le moyen de se déplacer plus loin. L'amélioration des vitesses est dès lors perçue comme le vecteur de l'intensification de la mobilité individuelle. *La vitesse est donc responsable de la croissance de la mobilité, sous l'hypothèse de constance des budgets-temps de transport.* Par ailleurs, le lien que l'hypothèse de Zahavi entretient avec les vitesses est aussi l'un des éléments explicatifs de l'étalement urbain. Dans les agglomérations, la croissance économique et les gains de vitesse se sont traduits par une motorisation accrue de la population urbaine. Cette liberté de déplacement nouvellement acquise, a permis une fuite des centres villes. Ainsi, sans avoir augmenté leur budget-temps de

transport, les périurbains ont pu s'installer plus loin des zones d'emplois, généralement concentrées au centre de la ville. La morphologie urbaine se transformerait alors avec le panel de vitesses accessibles.

De façon implicite, ce schéma du réinvestissement rend compte d'une évolution majeure dans la représentation de la mobilité. Le transport n'est plus compris comme un coût que les individus tentent de minimiser. Sous l'hypothèse de Zahavi, les individus tendent à maximiser leur mobilité afin d'accéder à un plus grand nombre d'opportunités, tout en s'accommodant des contraintes pesant sur leurs ressources. Ce changement de paradigme constitue très certainement les raisons de l'enthousiasme autour de l'hypothèse de Zahavi et de la question de la stabilité des temps de transport. Cependant, la théorie de Zahavi est parfois comprise « au premier degré » et qualifiée de « loi de Zahavi ».

Le présent chapitre abordera la théorie de Zahavi par la clarification de la question de la loi comportementale. Outre, la complexité, voire l'impossibilité, de sa démonstration dans le champ des sciences économiques, la première partie présentera les principaux arguments économiques qui conduisent au rejet de la stabilité des temps de transport en tant que règle comportementale. Les concepts de rationalité et d'optimalité des stratégies sont compatibles avec les comportements d'allocation de temps à la mobilité et en permettent une représentation économique. Mais, la stabilité d'une durée d'activité dans le jeu de concurrence pour la ressource temporelle entre les activités ne peut être soutenue par des fondements microéconomiques, sauf sous des hypothèses particulièrement fortes faisant appel, par exemple, aux motivations socio-biologiques des comportements, comme c'est le cas pour les temps de sommeil.

La seconde partie s'attardera sur les difficultés rencontrées par les analyses et les comparaisons internationales qui animent les débats autour de la mise en évidence empirique de la stabilité des temps de transport. Les divergences de méthodes et les questions de comparabilité des données conduisent à considérer la stabilité des temps de transport en tant que simple hypothèse de travail.

La diversité des études des temps de transport conduit à définir deux niveaux dans la conjecture de Zahavi, chacun développé dans les troisième et quatrième parties. D'une part, l'hypothèse forte des budgets-temps de transport considère la stabilité du budget-temps de transport moyen par agglomération sur la base de l'observation répétée de la proximité des

budgets-temps de transport urbains. D'autre part, les nombreuses analyses des temps de transport quotidiens au niveau individuel soutiennent l'hypothèse faible de la régularité des relations entre les budgets-temps de transport et certaines variables.

Section I - La stabilité des budgets-temps de transport est-elle une loi ?

I. Une loi des comportements de mobilité ?

« En tout lieu et à toutes les époques, le budget-temps de transport des individus est d'une heure »². Par cet énoncé de la « loi de Zahavi », Orfeuil (2000) souligne les incompréhensions trop fréquentes des propositions de Zahavi : « ... la tournure très absolue dans laquelle la théorie a été parfois exprimée, parfois comprise [...] ne peut que susciter des incompréhensions, des vocations de vérifications et bien sûr d'invalidation. »³.

De notre point de vue, cet énoncé synthétise la réflexion de Zahavi, qu'il construit autour de l'hypothèse de stabilité des dépenses de transport. Mais, il ne s'agit d'aucune façon d'une loi de stabilité des temps de transport individuels. Zahavi le clame et le démontre empiriquement : « ...les budgets-temps et les budgets monétaires de transport ne sont pas constants, mais sont des fonctions de plusieurs variables... »⁴.

Dès lors, toute tentative de démonstration de l'existence d'une telle loi de comportement se heurte à un grand nombre de critiques. Parmi lesquelles, l'une des plus essentielles provient de l'absence d'explication de la stabilité de cet élément du comportement de mobilité. En effet, aucune discipline n'a encore validé un cadre explicatif de cette régularité comportementale. Cela fait de l'hypothèse de Zahavi une conviction que nous devons nous contenter d'accepter ou de rejeter à partir des observations des budgets-temps de transport et non à partir de tests d'un cadre explicatif théorique. Les explications de la stabilité qui sont proposées, ont des implications importantes pour la prévision des temps de transport et de la mobilité. Si la stabilité résulte d'un caractère biologique, ou psychosociologique, il est alors

² Orfeuil, (2000), p. 39.

³ *ibid.*

⁴ Zahavi et Talvitie, (1980), p. 18

probable que cet état persiste. Au contraire, si les dépenses de transport sont expliquées par un mécanisme faisant intervenir les activités, la stabilité peut être remise en question par une modification des attributs du programme d'activités.

Les origines de la stabilité des budgets-temps de transport sont très peu recherchées par les auteurs fondateurs de cette hypothèse. Zahavi ne propose pas d'explication. Deux angles d'approche sont proposés par Hupkes (1982) : une explication bio-psychologique et une explication économique. Une troisième explication par la régularité des contraintes pesant sur les emplois du temps est proposée par Hägerstrand (1973). Mais, les démonstrations de ces deux derniers auteurs restent insuffisantes et très peu approfondies. L'annexe I présente quelques éléments proposés par différentes disciplines pouvant expliquer les origines de la stabilité des temps de transport quotidiens.

Par la suite, d'autres sources potentielles de la constance des budgets-temps de transport sont proposées en économie. Elles peuvent être distinguées selon les trois conceptions proposées par Kirby (1981) :

- La stabilité des budgets-temps de transport peut avoir une valeur de « loi empirique », qui gouverne le comportement de mobilité de groupes d'individus. Dans ce cas, le comportement de mobilité est déterminé par les attributs biologiques et psychologique de l'individu. Sous cette condition, la stabilité n'a nul besoin d'être expliquée avant d'être utilisée. Elle fait partie de la nature humaine.
- Le budget-temps de transport peut être un des éléments intervenant dans le mécanisme individuel de choix de mobilité. Par exemple, dans le mécanisme de maximisation d'une utilité, le budget-temps de transport peut être considéré selon deux cas : soit comme une « dépense-cible » à atteindre. L'individu détermine alors son niveau de transport en fonction de ses dépenses de transport. Soit comme une contrainte sur les dépenses, que l'individu ne veut pas dépasser. Il peut aussi être une combinaison de cibles et de contraintes entre lesquelles l'individu détermine ses choix. Ces derniers sont alors bornés par un désir de mobilité minimum, et donc de dépenses « plancher », et par la contrainte de ressources pour lesquelles le transport est en concurrence avec les autres activités.
- Le budget-temps de transport peut être un produit dérivé de l'emploi du temps que l'individu se construit. Dans ce cas, il n'est plus une variable de choix direct. Le transport

est alors une demande dérivée des autres activités. Et le temps de transport n'est plus considéré comme un bien final, mais comme un bien intermédiaire.

L'hypothèse la plus vraisemblable est celle intégrant la nature dérivée de la demande de transport. La stabilité est alors à rechercher dans les mécanismes régissant la formation des programmes d'activités. Et rien ne semble indiquer les raisons de la stabilité des temps de transport quotidiens hormis peut être la stabilité des programmes d'activités eux-mêmes.

Le caractère absolu de certains énoncés de l'hypothèse de Zahavi renvoie parfois à la notion de loi, telle que celle utilisée, par exemple en physique. Elle caractérise alors le comportement d'une grandeur étant donnée la connaissance d'un cadre de réalisation. Ainsi, selon un certain nombre de paramètres décrivant une réduction de la réalité, une relation ou un système de relations caractérisent formellement les comportements des variables entre elles. Une fois la réalité réduite à un certain nombre de dimensions influentes, l'universalité de la loi provient du déterminisme de la relation et de sa transférabilité quels que soient les états dans les autres dimensions.

Cependant en matière de comportements humains ou animaux, la mise en évidence de lois ne peut être atteinte, étant donné le nombre important de dimensions intervenant sur les comportements. Tout au plus, les comportements peuvent montrer certaines régularités, dont la validité reste dépendante d'un cadre de dimensions non-complètement défini. Il convient alors de parler de théorie, d'hypothèse ou de conjecture, tant que la démonstration de la transférabilité de ces régularités n'est pas apportée.

La théorie des budgets-temps de transport se rapproche notamment des théories de Amotz Zahavi (1979 et 1975) qui décrivent, en biologie, les comportements animaux. Par exemple, *l'hypothèse de la mafia* émise par l'auteur en 1979 suggère que les espèces, comme le coucou, parasitant les nids contraignent d'autres espèces à accepter leurs œufs et à en prendre soin comme de leur propre progéniture, sous peine de représailles sur les œufs de l'hôte. Ou encore, le *principe du handicap* (A. Zahavi, 1975) justifie les comportements particuliers (tels que les cours faites aux femelles) et les attributs physiques, *a priori* inutiles ou extravagants (tel que le plumage des paons) de certaines espèces par l'envoi d'un signal aux autres individus. Le coût de cette caractéristique garantit en conséquence l'honnêteté du signal envoyé. Ce coût pouvant correspondre, soit à un effort pour développer une aptitude ou un

attribut physique (la vivacité de la couleur des rouges-gorges), soit à un risque dû à la vulnérabilité ou au handicap induits par certains attributs. En conséquence, seuls les mâles à bons génomes (résistants, etc.) présenteront ce signal handicapant. D'après ce signal, ils constituent alors pour les prédateurs, une proie moins facile, ou pour les femelles un partenaire de choix.

Ces deux exemples de régularité de comportement animal illustrent les limites des théories des comportements. En effet, des contre-exemples et des nuances sont directement observables dans les comportements pour une même espèce, entre les régions du monde, les périodes d'observation ou entre les individus.

De plus, les similitudes avec les autres sciences sont à considérer avec précautions. Les sciences sociales ne sont pas aussi régulières que les sciences physiques. Les individus observés en économie ont le pouvoir d'adapter leur comportement à leur environnement, mais ont aussi le risque de ne pas toujours le percevoir complètement et fidèlement (Polak, 1987). La mise en évidence, en économie, de régularités comportementales semblables à celles observées dans d'autres domaines scientifiques semble donc particulièrement complexe, du fait des possibilités d'adaptation des comportements. La réduction d'un phénomène à une régularité généralisée est d'autant plus risquée en économie que les individus et les situations ne sont pas réguliers. La recherche de régularités comportementales doit donc rester un moyen d'éclairer une des phases du comportement et d'approcher les mécanismes à l'œuvre (Supernak, 1984). Mais, elle ne doit en aucun cas se soustraire à la compréhension du processus les générant.

Comme nous allons le voir, la conjecture des budgets-temps de transport de Zahavi ne peut nullement être qualifiée de « loi ». Néanmoins, l'étude des temps transport apporte une compréhension nouvelle de certains phénomènes de l'économie de la mobilité et de l'économie urbaine.

II. La stabilité n'est pas une loi – Réponses économiques

Une telle simplification du comportement humain semble difficilement acceptable et paraît donc légitimement contestable. Nous évoquerons uniquement l'incompatibilité entre la « loi de Zahavi » et la théorie économique. Plusieurs arguments ont été avancés au cours des vingt dernières années, soutenant la compatibilité de la stabilité du budget-temps de transport avec les concepts de la microéconomie. Ainsi, Mokhtarian et Chen (2004) soutiennent que « ... le concept de budget-temps de transport ne semble pas conflictuel avec ces deux principes [la représentation des choix individuels par la maximisation de l'utilité et la notion de demande dérivée]... »⁵. Les auteurs s'appuient notamment les travaux de Golob et al. (1981), Goodwin (1981) et Hupkes (1982) pour soutenir la validité de la théorie de la stabilité du budget-temps de transport avec les fondements microéconomiques. Elles avancent l'argument selon lequel, les distances supplémentaires parcourues lorsque les vitesses augmentent, sont le signe que ces nouvelles destinations sont plus attractives. En conséquence, les individus continueraient de maximiser leur utilité.

Toutefois un examen approfondi des arguments de ces travaux ne permet pas de soutenir la rationalité de la stabilité des budgets-temps de transport. Comme nous allons le voir, cette dernière semble peu vraisemblable étant donnée la nature dérivé de la demande de transport. D'une part, il s'agit là de la principale critique des travaux relatifs aux budgets-temps de transport. Les propositions, qui en résultent pour intégrer la stabilité des budgets-temps dans des modèles économiques sont donc très fortement limitées. D'autre part, l'argument de Mokhtarian et Chen, fondé sur l'attractivité des destinations, permet d'expliquer la hausse des distances parcourues malgré l'accroissement des vitesses. Mais, rien n'indique que la résolution de la concurrence entre les activités pour la ressource temporelle conduit systématiquement à un budget-temps de transport stable.

1. Les principes économiques invalidés par la stabilité

L'argument essentiel est celui énoncé par Cerwenka et Hauger (1998). En effet, la « loi » de stabilité des temps de transport suppose l'indépendance du choix d'allocation de temps au transport relativement au contexte de sa réalisation. Les auteurs décrivent notamment la

⁵ Mokhtarian et Chen (2004), p. 645.

demande de transport comme une fonction des coûts monétaires et temporels de déplacement, et du niveau de revenu. Ils montrent ainsi comment, pour que la demande de transport dépende exclusivement des durées de déplacement, les autres élasticités directes et croisées relatives aux prix et au revenu devraient être nulles.

Par ailleurs, la stabilité des budgets-temps de transport apparaît contradictoire avec le concept de maximisation de l'utilité sous contraintes, ainsi qu'avec la notion de demande dérivée qui s'applique au transport (Tanner, 1981 ; Giuliano, 1997). Le respect de la stabilité du budget-temps de transport implique, lors d'une hausse des vitesses, que les déplacements effectués habituellement sont allongés ou que de nouveaux déplacements sont engagés, et ce indépendamment de l'utilité dérivée de chaque déplacement. Or, le temps dégagé par les vitesses accrues est l'objet de la concurrence entre les activités, au même titre que le temps disponible. Il est alors peu vraisemblable que l'optimum de la nouvelle situation produise systématiquement la même durée de transport. De plus, Tanner (1981) montre qu'en raison de la substituabilité des dépenses monétaire et temporelle de transport, ces deux dépenses ne peuvent être constantes entre une grande variété de situations.

2. La rationalité de l'allocation de temps aux déplacements

Goodwin (1981) rappelle que dans la théorie microéconomique classique de l'allocation de ressources entre différentes alternatives, les utilités marginales de chaque alternative sont égales à l'équilibre. Ainsi, l'individu maximise son utilité. En conséquence, une unité de ressource supplémentaire sera allouée entre les alternatives selon le comportement de la fonction d'utilité. Si cette fonction se comporte selon les hypothèses classiques (monotonie, continuité, transitivité, réflexivité, complétude) alors il n'y a aucune raison pour que le temps gagné sur le transport soit réinvesti totalement en transport.

Mais d'après Goodwin, l'hypothèse de stabilité d'un ou des deux budgets n'implique pas des comportements irrationnels. Selon lui, il est possible de modifier légèrement les modèles d'allocation de temps aux activités de Becker (1965), Oort (1969) ou Evans (1972)⁶, sans perdre la rationalité du comportement. Pour Goodwin, il est possible de transformer l'allocation de temps entre activités sous des contraintes de temps et de revenu fixes (24 h et

⁶ Ces modèles seront discutés dans le chapitre 4.

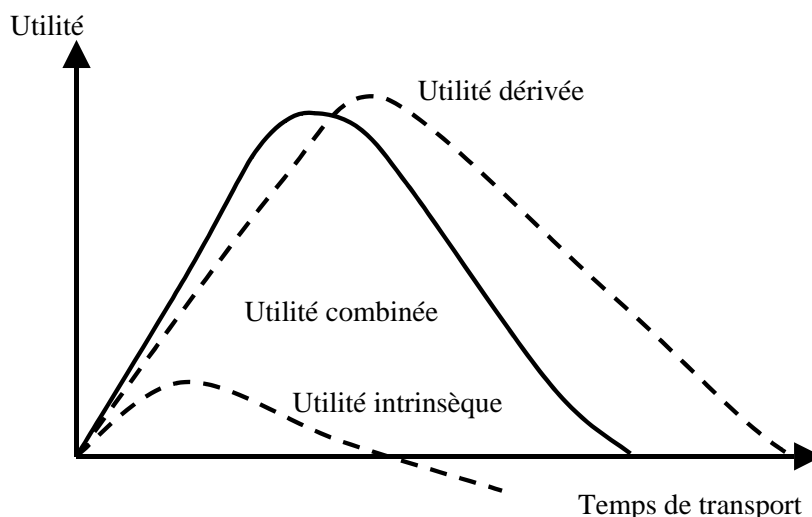
le revenu disponible), en une allocation du temps entre déplacements sous contrainte de budgets fixés : 1 h de transport par jour et 15 % du revenu disponible, par exemple.

Cependant, dans ce cas, le budget-temps de transport est indépendant des durées des autres activités, avec lesquelles le transport est en concurrence pour la ressource temporelle. La stabilité des budgets-temps de transport est alors applicable à des sous-modèles qui ne considèrent pas l'interaction entre les activités. En dehors de cette hypothèse simplificatrice, la stabilité remet en cause la rationalité du comportement d'allocation de ressources aux déplacements.

3. Un niveau optimal de temps de transport

Hupkes (1982) explique la constance du budget-temps de transport individuel par l'existence d'un niveau optimal de temps de transport. Pour cela, il définit l'utilité du transport comme la somme de deux composantes : une utilité intrinsèque relativement faible et une utilité dérivée des opportunités à destination. Ces deux éléments sont non-monotones. Ainsi pour chaque individu, l'utilité en fonction du temps de déplacement est de la forme :

figure 1-1 : Décomposition de l'utilité du temps de transport



Source : Hupkes (1982)

Pour Hupkes, l'optimum n'est pas fixé de façon irrévocable. Les changements sociaux, tels que la réduction du temps de travail ou l'introduction des technologies de l'information,

peuvent être envisagés et sont alors représentables par des translations ou des homothéties de la courbe d'utilité. Le temps de transport optimal est alors modifié par ce type de changements de long terme. Les changements de court terme sont supposés sans effet sur le budget-temps de transport optimal. Hupkes considère, en effet, que la vitesse de modification de cet optimum est relativement lente.

Toutefois, de nombreuses études sur la valeur du temps et les choix d'horaire de déplacement et d'engagement de certaines activités ont montré que le comportement d'allocation de temps n'est pas figé dans le court terme. Des variations du programme d'activités et donc de la mobilité entre deux journées consécutives sont envisageables et observées. De même, des variations des valeurs du temps peuvent apparaître au cours de la journée.

Dans le prolongement de la proposition de Hupkes, Mokhtarian et Salomon (2001), Redmond et Mokhtarian (2001) et Choo et al. (2005) développent une décomposition de l'utilité du transport et recherchent le budget-temps de transport idéal désiré par les individus, ainsi que la façon dont les individus vont adapter leur mobilité afin d'atteindre les budgets désirés. Il n'est alors plus question de stabilité des budgets-temps de transport. Les auteurs cherchent à expliquer les divergences entre les temps de transport observés et les budgets-temps de transport désirés, sans supposer la stabilité de l'un ou de l'autre. Au contraire, puisque le budget-temps de transport désiré est supposé dépendre, notamment, des caractéristiques individuelles et des conditions de mobilité.

4. Les fondements microéconomiques de la stabilité de la demande de temps de transport

Zahavi (1979) et Golob et al. (1981) développent le modèle microéconomique soutenant le modèle de prévision de la mobilité de Zahavi (1979), le « *UMOT project* ». Selon les hypothèses de ce modèle le comportement d'allocation de ressources aux biens et aux activités d'un ménage peut être représenté par une fonction d'utilité sous les hypothèses classiques de la microéconomie :

$$u = u(x, c, t)$$

où u est l'utilité du ménage, x est la quantité de transport, c est la consommation de biens et services et t est le temps de loisir. Pour satisfaire les hypothèses microéconomiques, cette

fonction d'utilité u est monotone, croissante et quasi-concave. Les utilités marginales sont donc décroissantes.

Le choix des ménages est conditionné par les contraintes monétaires et temporelles suivantes :

$$\begin{cases} p_x x + p_c c \leq Y \\ t_x x + t + t_c c \leq T \end{cases}$$

où p_c et t_c sont les prix et le temps nécessaires à la consommation de la quantité de biens et services c . p_x et t_x sont les prix et temps nécessaires au niveau de mobilité x ⁷. Avec Y , le revenu disponible et T , le temps total disponible.

Comme nous le verrons dans le chapitre 5, cette formulation du comportement d'allocation est proche de celle décrite par Becker ou par les auteurs qui ont par la suite introduit le temps de transport dans l'utilité (Train et MacFadden, 1978 ; Truong et Hensher, 1985 ; Gronau, 1986).

Cependant, le temps de travail n'est pas considéré dans ce programme d'allocation de temps. Pourtant, le temps alloué au travail génère le revenu disponible du ménage. Il pourrait donc être introduit avec un prix négatif aux côtés des autres temps d'activités. De plus, le travail est une activité génératrice d'une part importante de la mobilité, dont la nature obligatoire caractérise aussi la mobilité qui en découle. En conséquence, il semble important d'introduire le temps de travail dans le programme d'allocation de temps aux activités et au transport.

Afin de déterminer une solution analytique de ce programme de maximisation sous contraintes, Zahavi et Golob et al. font l'hypothèse que la fonction d'utilité est additive et de forme logarithmique⁸. Ainsi, l'additivité conduit à :

$$u(x, c, t) = \phi(x) + \psi(c) + \xi(t)$$

Et par substitution des contraintes et en spécifiant les fonctions ϕ , ψ et ξ comme des logarithmes :

⁷ L'unité de mesure de la mobilité choisie par Zahavi (1979) est la distance.

⁸ La spécification logarithmique est nécessaire car elle est la seule forme qui conduit à des résultats consistants avec l'hypothèse de budgets constants.

$$u = \sum_{i=1}^m a_i \log x_i + b_1 \log \left(Y - \sum_{i=1}^m c_i x_i \right) + b_2 \log \left(T - \sum_{i=1}^m \frac{x_i}{v_i} \right)$$

Les fonctions de demande résultantes conduisent à des dépenses monétaires et temporelles proportionnelles au revenu et au temps disponibles (Y et T). Ainsi, la stabilité peut être observée à moyen et à court termes, lorsque les quantités de ressources disponibles sont fixées.

Cependant, l'hypothèse d'additivité impose l'indépendance des taux marginaux de substitution entre les biens de deux groupes de consommation différents (ici entre les biens de consommation, c , et le transport, x). En conséquence, la variation de prix des biens d'un groupe n'aura pas d'effet sur la demande de biens d'un autre groupe. Néanmoins, tous les biens de tous les groupes de consommation sont en concurrence pour les mêmes ressources initiales. Mais, cette hypothèse paraît alors peu vraisemblable, car elle impose l'indépendance entre les choix de mobilité et de programme d'activités. Dans ce cas, les prix et les vitesses de transport ne modifient pas l'allocation optimale aux autres activités. Et les prix monétaires et temporels des activités n'affectent pas le comportement de mobilité.

La stabilité n'est pas rationnelle par nature, dans la mesure où elle est conflictuelle avec la notion de demande dérivée. En ce sens, rien n'indique qu'elle peut être introduite comme une contrainte dans le programme d'allocation de temps ou comme contrainte sur la forme de la fonction d'utilité. De tels modèles seraient alors réducteurs et ne parviendraient pas à intégrer le lien existant entre le programme d'activités poursuivi par un individu et la mobilité correspondante.

Mais dans une certaine mesure, la stabilité peut être le produit d'un comportement rationnel. L'attractivité des zones plus éloignées peut justifier le réinvestissement des gains de temps et la stabilité apparente des temps de transport. Il s'agit alors de déterminer le mécanisme de demande induite ou de demande latente caractérisant la demande de transport.

En définitive, plusieurs phénomènes peuvent être envisagés pour expliquer la stabilité du budget-temps de transport (Goodwin, 1981) :

- Tous les individus ont le même budget-temps de transport en raison d'un caractère comportemental identique. Malgré les pistes anthropologiques évoquées dans l'annexe I, cette similitude des comportements semble peu probable ou insuffisante pour expliquer une stabilité individuelle.
- La moyenne est stable car les budgets-temps de transport des individus sont stables. En l'absence d'effet de structure de la population, la moyenne peut rester stable si chaque budget-temps de transport l'est aussi. Cependant, des variations de structure de populations sont observées. De plus, les variations observées pour un même individu dans le temps invalident cette explication.
- Des compensations interviennent entre les budgets-temps individuels et stabilisent le budget-temps de transport moyen. Mais là encore, la structure de la population change et ne permet pas d'observer des compensations régulières entre villes ou entre périodes.

La stabilité semble donc être le produit de l'interaction d'un certain nombre de causes et d'effets plus ou moins indéterminés. Elle n'apparaît pas comme une contrainte à introduire dans les représentations des comportements, mais comme le produit au niveau agrégé des comportements individuels.

De notre point de vue, l'argument de l'incompatibilité de la stabilité avec la notion de demande dérivée, ainsi que les pistes économiques des origines de la stabilité des temps de transport, incitent à qualifier l'apport de Zahavi, non pas de loi, mais d'hypothèse ou de conjecture. En ce sens, deux explications de la stabilité seront privilégiées et recherchées : un effet de structure et un hasard statistique.

- La stabilité peut être la résultante d'un effet de structure. Les budgets-temps de transport des sous-groupes composant les échantillons se compensent pour produire une apparente stabilité. Mais des variations des budgets-temps de transport des sous-populations sont envisageables et alors compensées par des changements de la structure de l'échantillon. Un bon exemple de ces mécanismes est proposé par la discussion de l'article de Purvis (1994) par Pas (1994). Pour Pas, la stabilité du temps de transport quotidien moyen observé par ménage est le résultat de la compensation entre, d'une part, l'effet négatif de la croissance de la proportion de ménages de petite taille, dont le budget-temps de transport

est plus faible, et d'autre part, l'effet positif de hausse des budgets-temps de transport par ménage pour toutes les tailles de ménage.

- La stabilité des budgets-temps de transport provient de la proximité des temps moyens observés, mais masque une dispersion importante et bornée. C'est l'explication proposée par Hägerstrand (1973), selon laquelle, après déduction des temps de sommeil, de travail, de sustentation, et d'achat, une personne active dispose d'environ 4 heures allouables au loisir et au transport. Il n'est alors pas surprenant, qu'en admettant ces bornes, la distribution des budgets-temps de transport se caractérise par une moyenne proche d'une heure.

Section II - L'incompréhension des budgets-temps de transport

Il est évident que l'énoncé de la « loi de Zahavi » ne peut susciter que des critiques et des incompréhensions. A l'inverse, la « conjecture de Zahavi » est source de discussion productive, en pointant les enjeux de la prise en compte des aspects temporels de la mobilité. Cependant, le débat autour de la stabilité ou de la régularité ou encore de la détermination du budget-temps de transport, composant la conjecture, se heurte à deux difficultés majeures de l'exercice de l'analyse et de la comparaison internationale d'indicateurs de mobilité. D'une part, la méthode nécessite la détermination d'un cadre d'analyse cohérent et homogène. D'autre part, il convient de s'assurer de la comparabilité des enquêtes nationales ou locales.

I. Les difficultés liées aux multiples définitions des analyses de Zahavi

La comparaison des analyses des budgets-temps de transport doit être réalisée avec certaines précautions relatives à la cohérence des mesures comparées. Les travaux de Zahavi sont à ce titre relativement peu comparables en valeurs absolues tant les définitions de ses variables sont différentes de celles des autres auteurs. De plus, en raison des multiples définitions utilisées pour la mesure des budgets-temps de transport, il résulte de ses travaux une grande confusion quant à la définition de ce qui est qualifié de « budget-temps de transport » et quant à l'unité d'observation de ce budget-temps de transport.

Cette multiplicité de définitions du budget-temps de transport provient en partie des tâtonnements dus à la relative jeunesse de cette voie d'analyse de la mobilité, et

principalement, de la faible qualité des données qui contraint fortement les analyses et oriente les définitions employées.

1. Du temps de transport au budget-temps de transport

Au cours du développement de la conjecture de stabilité, Zahavi (1974) définit le budget-temps de transport quotidien comme la période de temps, relativement stable, qui est allouée au transport et qui entre en concurrence avec les autres activités pour les 24 h quotidiennes. Cependant, cette définition reste encore très imprécise, notamment en ce qui concerne la population de référence, ou les modes de déplacement considérés. De plus, cette définition du « budget » fait intervenir deux notions apparemment peu compatibles : la concurrence entre activités et la stabilité du temps de transport. Parallèlement, les « temps de transport constants » (Hupkes, 1982), les « dépenses temporelles » (Purvis, 1994), les « temps de transport quotidiens » (Katiyar et Ohta, 1993) et les « budgets-temps de transport » (Zahavi, 1979 ; Schafer, 2000) présents dans la littérature, font référence à la même quantité : la somme des temps alloués au transport dans une journée. Mais, ils se distinguent par leurs hypothèses sous-jacentes.

Goodwin (1981) propose la classification suivante des différentes définitions des mesures des temps de déplacement :

- Les *coûts* temporels de transport sont l'observation des attributs du système de transport et non de la mobilité. Ils décrivent le temps de transport nécessaire pour réaliser un déplacement ou une suite de déplacements, étant données les caractéristiques du système de transport. La notion de choix individuel n'est alors pas considérée. Au même titre que les prix, les coûts temporels de transport décrivent le système d'offre de transport.
- Les *dépenses* temporelles de transport intègrent la notion de choix individuel. Elles décrivent donc une caractéristique du comportement de mobilité. Elles acquièrent un caractère prévisible, dans le sens où ce comportement peut être compris par l'analyse et reproduit ou approché par un modèle économique.

- Enfin, le *budget* relatif aux dépenses temporelles de transport implique la stabilité⁹. Il suppose que les dépenses observées ne peuvent pas être affectées par les politiques des transports, les variations des coûts ou d'autres variables économiques, géographiques, etc.

Ces distinctions peuvent sans difficulté être adaptées aux dépenses monétaires de transport ou aux dépenses généralisées de transport.

Sous cette classification, l'usage du terme de « budget-temps de transport » conduit à accepter les notions de prédétermination et d'exogénéité véhiculées par cette définition. Par ailleurs, la reconnaissance de l'existence d'un comportement de mobilité interagissant avec les activités, notamment en termes de concurrence pour la ressource temporelle, ne semble pas soutenir le réductionnisme proposé par la stabilité des temps de transport.

En conséquence, nous qualifierons les dépenses temporelles de transport de « budgets-temps de transport » dans le but de souligner une caractéristique du comportement de mobilité, ainsi que son mode de détermination au travers d'un choix rationnel. Ce comportement de mobilité qui met en concurrence les activités, conduit alors l'individu à définir des budgets-temps pour les différentes activités, en fonction des caractéristiques de la structure urbaine, du système de transport et de ses attributs socio-démographiques (Pas, 1994). Et lorsque son environnement est modifié, ce dernier n'a d'autre choix que de réévaluer l'ensemble des budgets-temps qu'il alloue à chaque activité. Mais cela ne signifie pas que, si par exemple, moins de déplacements sont effectués, ils seront nécessairement plus longs afin de préserver la stabilité du budget-temps de transport.

2. Le choix de l'unité d'observation du budget-temps de transport

L'une des premières mesures utilisée est le temps d'usage quotidien d'un véhicule ou d'une voiture particulière (Zahavi, 1973, 1974). Cette unité d'observation est essentiellement dictée par la disponibilité des données. Cette durée par véhicule donne une première approximation du temps consacré au transport motorisé privé et révèle une relative stabilité. Par la suite, Zahavi analyse plusieurs sources de données d'origines différentes. Les budgets-

⁹ D'après Zahavi (1974), ce concept de budget-temps de transport aurait été introduit au 19^{ème} siècle en géographie pour étudier les zones d'influence des villes et leurs interactions sur la base des vitesses des modes disponibles et des budgets-temps de transport quotidiens.

temps de transport quotidiens sont alors définis par personne, par personne mobile¹⁰, par personne mobile motorisée. La multiplicité des définitions employées complique la comparaison des résultats. Mais, elle forge aussi la stabilité des dépenses temporelles de transport. En effet, quelle que soit la définition de l'unité d'observation employée, le budget-temps de transport quotidien semble relativement stable entre les villes et entre les périodes. Il en est de même pour l'échelle temporelle considérée. Les budgets-temps de transport quotidiens, sur deux jours, hebdomadaires et annuels paraissent relativement stables. Les différences entre les niveaux des budgets-temps de transport obtenus pour des définitions différentes s'expliquent alors par le type de population et les périodes considérés.

De façon générale, l'unité d'observation se détermine très certainement à la fois par les exigences de l'analyse et la disponibilité des données. Pour Goodwin (1981), la durée de la période d'enquête affecte le niveau de budget-temps de transport moyen par mobile, alors que le budget-temps de transport par personne sera plus stable. La proportion d'individus immobiles sur une journée est plus élevée que la proportion d'immobiles sur une semaine complète. En définitive pour Goodwin (1981), le budget-temps de transport devrait être basé sur les ménages et tous les membres de ces ménages en tenant compte de l'ensemble des déplacements, quel que soit le mode utilisé, afin de tenir compte de l'ensemble des déplacements et des interactions entre les membres du ménage. Le budget-temps de transport par ménage a notamment été étudié par Downes et Morrell (1981), Golob (1990a) et Purvis (1994) afin d'intégrer les interactions entre membres d'un ménage. Ainsi, les variations du budget-temps de transport dues aux répartitions des responsabilités entre les membres du ménage se compensent dans la somme des budgets-temps de transport individuels. Le budget-temps de transport du ménage est donc susceptible d'être plus stable que le budget-temps de transport par personne. Cependant, l'étude des interactions entre membres du ménage nécessite de connaître la décomposition du budget-temps de transport du ménage entre membres. Cette identification est d'autant plus nécessaire que des variables socio-

¹⁰ La personne non-mobile est définie, par les modalités des enquêtes comme une personne qui ne s'est pas déplacée durant la période d'enquête. Le plus souvent cette période est réduite à une seule journée. La non-mobilité ne peut alors se référer qu'au comportement sur la journée enquêtée. La personne est qualifiée de mobile si elle a effectué au moins un déplacement motorisé (ou non) ou mécanisé (ou non), par mode privé ou public.

démographiques strictement individuelles semblent affecter les budgets-temps de transport. C'est notamment le cas des différences de budget-temps de transport par mobile entre homme et femme, identifiées par Zahavi et Talvitie (1980) et qui proviennent certainement des proportions inégales de mobiles entre les genres. De plus, la distinction des budgets-temps de transport individuels permet de tenir compte du caractère peu échangeable et non-stockable de la ressource temporelle, qui pose problème lors de la définition de la contrainte temporelle pesant sur un ménage.

Par ailleurs, l'usage de l'individu représentatif de l'agglomération est classique et permet une transférabilité des résultats à d'autres agglomérations, sans avoir à tenir compte des différences de structure des populations. L'usage du budget-temps de transport par personne permet ainsi d'éviter l'estimation de la proportion de personnes mobiles dans la ville, qui est nécessaire pour la généralisation d'un résultat observé par personne mobile (Goodwin, 1981). De plus, les variations journalières de la proportion de personnes mobiles peuvent se compenser avec le budget-temps de transport par personne, contrairement au budget-temps de transport par personne mobile.

En définitive, relativement peu d'études parviennent à confronter les budgets-temps de transport obtenus selon les différentes définitions. Purvis (1994) observe une relative stabilité des budgets-temps de transport qu'ils soient définis par personne, par personne mobile, par ménage ou par véhicule.

3. Les types de déplacement

Les études sur les temps de déplacement ne se concentrent pas toutes sur la somme quotidienne des durées de déplacement. Certaines réduisent l'analyse aux temps de déplacement à destination du travail (Gordon et al., 1991 ; Schwanen et Dijst, 2002), ou aux déplacements après le travail (Hamed et Mannering, 1993) ou encore aux déplacements à motif d'achat sur le trajet travail-domicile (Bhat, 1996a). D'autres encore analysent les temps de transport pour un type particulier de déplacement (Timmermans et al., 2002). Dans ces analyses, la définition des dépenses temporelles de transport se démarque alors de la somme quotidienne de toutes les durées de transport. Les plus proches de cette somme quotidienne se concentrent sur les sommes quotidiennes des durées de déplacement selon un motif particulier. Ainsi, elles désagrègent le budget-temps de transport selon les motifs de

déplacement. Toutefois, leurs résultats sont très difficilement comparables à ceux des analyses des budgets-temps de transport.

4. L'analyse agrégée ou désagrégée – hypothèse forte ou hypothèse faible des budgets-temps de transport

De façon générale, deux types d'études des budgets-temps de transport peuvent être distingués.

- D'une part, les analyses au niveau agrégé produisent une étude comparative des budgets-temps de transport moyens entre différentes villes. Elles poursuivent alors la voie de recherche ouverte par Zahavi et peuvent discuter la conjecture de stabilité des budgets-temps de transport.
- D'autre part, les études désagrégées font référence à l'analyse des distributions des budgets-temps de transport observés le plus souvent dans une seule et même ville. Elles permettent la recherche des effets de structure pouvant produire la stabilité des budgets-temps de transport moyens observée et se rapprochent de l'analyse des comportements de mobilité. Enfin, certaines comparent les distributions obtenues dans différentes agglomérations et parviennent à discuter de la transférabilité des mécanismes identifiés dans l'une ou l'autre agglomération.

L'hypothèse de Zahavi se compose tout d'abord de la stabilité des budgets-temps de transport au niveau agrégé. Elle est définie par la proximité, voire la similitude des niveaux des budgets-temps de transport moyens observés pour différentes agglomérations et pour différentes périodes. Nous appellerons cette hypothèse : l'hypothèse « forte » de Zahavi. Elle fait donc référence à l'hypothèse suivant laquelle le budget-temps de transport moyen au niveau d'une agglomération pourra être utilisé pour représenter les budgets-temps de transport des autres villes. Le budget-temps de transport moyen est donc défini pour une agglomération représentative des villes du monde. Cette *hypothèse « forte » de Zahavi* suppose donc la stabilité des budgets-temps de transport face aux politiques de transport, aux modifications de l'offre de transport ou aux différences culturelles, économiques et sociales des agglomérations. Comme nous allons le montrer par la suite (chapitres 3 et 4), les observations au niveau mondial semblent soutenir la transférabilité d'un budget-temps de transport

représentatif entre agglomérations pour différentes périodes. Seul le niveau de variance des budgets-temps mondiaux soulèvera la question du pouvoir de représentation de la moyenne.

Par extension le budget-temps de transport moyen a été assimilé, non pas à une caractéristique de l'agglomération, mais une caractéristique du comportement de mobilité individuelle. Ainsi, l'hypothèse est transférée et interprétée comme la caractéristique d'un individu représentatif de la population mondiale, qui aurait donc un budget-temps de transport constant.

Cependant, au niveau désagrégé, la constance des budgets-temps de transport individuels n'est pas vérifiée. La segmentation de la population d'une agglomération fait apparaître des budgets-temps de transport distincts selon, par exemple, les niveaux de revenu, de motorisation ou les localisations des ménages, etc. A ce niveau d'analyse plus fin, l'hypothèse de régularité des budgets-temps de transport est avancée. Elle suppose que les budgets-temps de transport montrent des variations systématiques avec certaines variables socio-économiques, ou certains attributs du système d'offre de transport ou de la structure urbaine. Ce que nous qualifierons *d'hypothèse « faible » de Zahavi* sera donc la régularité ou la transférabilité de ces relations.

II. Les difficultés de la comparaison d'enquêtes

La conjecture de Zahavi est fondée sur un ensemble de données dont la diversité constitue à la fois un atout et une faille. En effet, la diversité des situations étudiées est un atout du travail de Zahavi, qui 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 1970, rencontre un certain nombre de problèmes majeurs. La diversité des agglomérations est à l'origine de la multitude de méthodes d'analyse employées. Ainsi, très peu d'enquêtes possèdent des indicateurs facilement comparables. Par exemple, les définitions des durées de déplacement, des modes de déplacement pris en compte ou des déplacements eux-mêmes ne sont pas homogènes. De la même façon, les périmètres urbains étudiés et leur population ne sont pas toujours comparables. Les données disponibles imposent un certain nombre de contraintes sur les mesures et les définitions des indicateurs utilisés.

Par ailleurs, comme le souligne Grossin (1998), une prudence doit être exprimée à l'égard des études sur les budgets-temps. Il fait, notamment référence à l'étude de Szalai (1972), sur laquelle nous reviendrons, qui réunit 24000 interviews homme-jour, menées dans douze pays. L'un des auteurs de l'ouvrage (Converse, 1972) donne un exemple caricatural des difficultés et limites des comparaisons internationales. Dans cet exemple, des études parallèles sont menées à Pskov (ex-URSS) et à Jackson (Michigan). « A Pskov l'étude interroge en semaine, au mois de janvier, des travailleurs de diverses qualifications logeant en appartements. A Jackson, l'enquête est menée en été, auprès d'une classe moyenne aisée habitant dans des faubourgs, pendant les week-ends, pour des raisons d'accessibilité. Supposons que les données de ces études hautement improbables aient été rapprochées et qu'elles aient abouti à la conclusion suivante : les habitants de Pskov travaillent la plus grande partie de leur temps à l'intérieur de locaux, alors que ceux de Jackson ont des loisirs et les vivent en plein air. Implicitement ces différences suggèrent qu'elles relèvent de cultures nationales. Bien sûr, aucun chercheur en possession des faits établis n'accepterait une telle interprétation, car il y a trop de distorsions entre les deux enquêtes. »¹¹. Cet exemple souligne l'influence des contextes historique, géographique et climatique de chaque ville ou de chaque population, sur la structure urbaine, la démographie et les comportements. Ces multiples influences rappellent les précautions nécessaires lors de l'interprétation des comparaisons entre les enquêtes sur les temps. Mais là encore, cette diversité des contextes renforce la stabilité des budgets-temps de transport.

De façon plus précise, en raison de l'application de méthodes différentes dans les agglomérations et les pays, plusieurs sources d'influences des données peuvent être suspectées.

1. La méthode d'enquête

La façon dont les questions sont posées peut avoir un impact sur l'exactitude des durées révélées (Robinson, 1997). Ainsi, le type de contact avec l'enquêté et le système déclaratif s'avèrent influents.

¹¹ Converse (1972), p. 45.

a) La nature de la relation enquêteur / enquêté

Des différences peuvent apparaître selon que l'enquête est réalisée par téléphone ou en face à face (Bonnell, 2003). De nombreuses expérimentations ont été réalisées afin de comparer les résultats de ces deux types d'enquêtes. Il en ressort une précision légèrement plus faible dans les enquêtes téléphoniques, due au biais de sélection imposée par l'équipement téléphonique et la nature de la relation enquêteur/enquêté. En effet, une différence est attendue en termes de qualité de réponse. La relation entre l'enquêteur et l'enquêté peut être de meilleure qualité, lors des enquêtes téléphoniques, car elles ne nécessitent pas l'intrusion au domicile de l'enquêté. Mais inversement, la qualité du travail de l'enquêteur peut être affectée. C'est notamment le cas pour la relance de l'enquêté afin de s'assurer qu'il n'omet aucun déplacement, qui apparaît moins aisée par téléphone. Toutefois, les comparaisons faites en France ne permettent pas de mettre en évidence de différences statistiquement significatives (Bonnell, 1999).

b) Le système déclaratif

Par ailleurs, les anciennes enquêtes sont basées sur des questionnaires qui demandent aux enquêtés de se souvenir de leurs déplacements de la journée ou de la veille. Alors que les plus récentes demandent aux enquêtés de renseigner un emploi du temps, dans le courant de la journée. Des différences dans les mobilités déclarées apparaissent nettement selon l'une ou l'autre méthode. Par exemple, des tests préliminaires pour l'enquête américaine de 1995 ont montré que l'enquête basée sur un emploi du temps enregistre, en moyenne, 0,5 déplacement supplémentaire par jour et par personne, par rapport à un questionnaire (PlanTrans, 1997). En 1994, les suisses sont passés de la méthode de l'emploi du temps à une méthode CATI¹² associée à un emploi du temps. Ils ont enregistré une hausse de 6 % de la population mobile entre 1989 et 1994 (82,4 % à 88,3 %) (Bundesamt für Statistik, 1996). Dans le cas d'enquêtes par questionnaire, les omissions de certains déplacements sont alors plus probables, que dans les enquêtes par emploi du temps, notamment pour les déplacements les plus courts. L'emploi du temps renseigne aussi les activités autres que le transport. Ainsi, par cette méthode, moins de déplacements sont omis. Cependant, ces améliorations dans le comptage des déplacements

¹² *Computer-Assisted Telephone Interview*

conduisent à une augmentation des niveaux mesurés de mobilité, qu'il est alors difficile d'attribuer à un changement effectif du niveau de mobilité ou à une amélioration de la méthode d'enquête (Schafer, 2000).

2. Les biais de sélection

Les méthodes d'enquête ne peuvent exclure certains biais liés à l'accessibilité et à la disponibilité de la population enquêtée. Ainsi, très peu d'informations sont disponibles sur les très jeunes enfants ou les personnes très mobiles. Et, les enquêtes téléphoniques de type CATI rencontrent des difficultés pour éliminer les biais liés à l'équipement téléphonique qui n'est pas total, au nombre croissant d'abonnés au portable uniquement et aux annuaires « protégés » ou listes « rouges » (Kunert, 1994 ; Schafer, 2000).

3. Les modes de transport

Les enquêtes de transport n'observent pas toutes le même ensemble de modes de transport. De plus, les objectifs des études dirigent les analyses vers certains modes et en excluent d'autres. Par exemple, les premières analyses des budgets-temps de transport ne peuvent intégrer la marche à pied, car elle n'a pas été renseignée par les enquêtes les plus anciennes, orientées vers le trafic automobile. Les modes de transport dont les vitesses sont les plus faibles : les modes non-mécanisés, sont de plus en plus souvent intégrés dans les enquêtes de mobilité urbaine et quotidienne. Mais, ces dernières font rarement référence aux déplacements réalisés à l'aide des modes de transport dont les vitesses sont les plus élevées (avion et train à grande vitesse). A l'inverse, les études des mobilités de tourisme intègrent la mobilité de très longue distance, mais excluent la marche à pied.

Pour l'étude des temps de la mobilité quotidienne urbaine, l'exclusion des modes non-mécanisés peut entraîner des biais importants. Par exemple, Goodwin (1981) a montré qu'en Angleterre, le temps de marche à pied représente une part non-négligeable du budget-temps de transport quotidien¹³. De plus, lorsque la marche n'est pas intégrée, des biais importants peuvent apparaître dans les distributions des longueurs des déplacements. Dans le cas du partage modal, l'omission de la marche peut biaiser les élasticités de la demande pour les

¹³ Goodwin (1981) évalue le temps de marche à 30-40 % du budget-temps de transport quotidien dans les années 1970.

transports en commun. Elle explique notamment le fait que dans certains modèles de choix modal, le nombre de déplacements perdus par un mode diffère de celui gagné par un autre (Goodwin, 1981).

4. La mesure du temps de transport

Les durées reportées dans les enquêtes ne résultent pas d'une mesure homogène entre les enquêtes. Selon les méthodes, les réponses sont plus ou moins arrondies aux multiples de 5 min, voire recalculées en fonction des distances parcourues et des vitesses moyennes offertes par le réseau pour un mode de transport donné. Quant aux durées obtenues par les enquêtes emploi du temps, elles sont souvent arrondies par les personnes interrogées et fréquemment enquêtées à partir d'horaires définis par des intervalles de 15 min (Stopher, 1992 ; Axhausen, 1995 ; Madre et Armoogum, 1997 ; Rietveld, 2002).

Enfin, l'association des temps d'attente aux modes de transport ou aux activités est problématique. En effet, les temps d'attente apparaissant au cours d'un déplacement devraient être attribués au mode imposant cette attente. Les temps d'attente apparaissant entre la fin du déplacement et le début d'une autre activité doivent-ils être associés aux déplacements ou au temps d'activité ?

5. Les espaces et les périodes observées

La définition des aires urbaines et du zonage est rarement rigoureusement comparable entre enquêtes. Certaines études incluent des zones rurales dans leur définition. Il en est de même pour le zonage qui affecte, par la taille de chaque zone, les proportions de déplacements inter et intra-zone. La définition du périmètre urbain est particulièrement problématique pour l'étude de l'évolution des mobilités à partir de plusieurs dates d'observation. En effet, le périmètre urbain doit être défini à chaque date afin de représenter au mieux l'aire urbaine. Mais l'analyse temporelle nécessite une certaine homogénéité de l'aire urbaine à chaque date.

6. Les saisonnalités

Les fluctuations des données de transport, notamment entre les jours de la semaine constituent un problème récurrent. La présence de ces variations saisonnières introduit un biais dans l'estimation des dépenses de transport qui est dépendant de la durée de l'enquête.

Au niveau des variations journalières trois sources sont avancées par Goodwin (1981) :

- des variations purement aléatoires,
- des variations systématiques, qui proviennent du fait que certaines activités ne sont pas réalisées tous les jours mais peuvent être très régulières dans la semaine,
- des variations liées à des effets de retard. La mobilité observée un jour peut être déterminée par des contraintes apparues le ou les jours précédents.

Par ailleurs, Schönfelder et Axhausen (2000) ont montré des saisonnalités fortes apparaissant dans les rythmes hebdomadaires ou mensuels des déplacements pour certains motifs (différents types d'achat et de loisir). En conséquence, plus les durées des enquêtes sont longues, plus elles captent les saisonnalités et permettent d'identifier des variations journalières, hebdomadaires, mensuelles ou annuelles.

La durée d'enquête minimale pour l'analyse de la mobilité urbaine et quotidienne, semble donc être la semaine, qui capte l'essentiel des variations journalières. De façon intermédiaire, certaines enquêtes interrogent les déplacements d'une seule journée, mais les personnes sont interrogées sur des jours différents. Ainsi, sous l'hypothèse d'une homogénéité hebdomadaire des emplois du temps, une partie des variabilités quotidiennes peut être approchée.

La continuité des informations d'une enquête à l'autre est fortement dépendante de la continuité des méthodes employées. Certaines se concentrent sur une seule journée de la semaine (enquête britannique NTS¹⁴ 1975/1976), d'autres ne font pas référence aux distances parcourues (enquêtes japonaises NPTS¹⁵ 1987 et 1992), d'autres encore ne recueillent que les informations sur les déplacements motorisés, etc. Le travail visant à comparer 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

¹⁴ *National Travel Survey*

¹⁵ *Nation-wide Person-Trip Survey*

significativité de l'analyse. Ainsi, pour chaque étude un certain nombre de concessions sont nécessaires au niveau des définitions utilisées.

Zahavi a donc réalisé un compromis entre la contrainte de précision des indicateurs et celle du nombre de villes étudiées. Dans sa recherche de transférabilité de l'hypothèse de stabilité des temps de transport, fondant son modèle de prévision de demande, Zahavi doit atteindre un niveau d'observation très agrégé. En conséquence, un certain degré d'imprécision des données doit être accepté.

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 entre le système de transport, la structure urbaine et la mobilité. 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 ?

Section III - La constance des budgets-temps de transport

Un premier niveau de l'analyse des budgets-temps de transport développée par Zahavi est le niveau mondial. La comparaison des temps de transport quotidiens moyens par agglomération établit le premier élément de la construction de la conjecture de Zahavi : l'hypothèse forte de stabilité des budgets-temps de transport. A ce niveau d'observation très agrégé, Zahavi constate une proximité relative des durées quotidiennes moyennes de transport de différentes agglomérations du monde. L'intervalle de temps relativement étroit contenant l'ensemble des budgets-temps de transport urbain semble indiquer l'existence de mécanismes régulateurs conduisant à une telle proximité des temps de transport, malgré les différences historiques, culturelles, économiques, etc. des villes comparées.

Dans le prolongement de ces travaux, l'étude des temps de transport s'enrichit, d'une part, des études en transport s'orientant vers les temps de transport, et d'autre part, des recherches menées sur les emplois du temps.

I. L'analyse des durées de transport et analyse des durées d'activités

L'étude des durées quotidiennes de transport est réalisée par différents champs disciplinaires, et essentiellement sous deux angles distincts. D'une part, certaines analyses sociologiques, géographiques, psychologiques, marketing et économiques s'orientent vers les usages des temps (*time use analysis*). Ces études des emplois du temps examinent l'allocation des 24 heures quotidiennes aux différentes activités. Elles étudient notamment les arbitrages réalisés pour l'allocation de temps entre activités et estiment des valeurs du temps. Elles offrent notamment la possibilité d'étudier le transport en relation avec les autres activités. Ainsi, elles parviennent à considérer la nature dérivée du transport vis-à-vis des autres activités. D'autre part, les durées de transport quotidiennes ont été étudiées par la recherche en transport. Le plus souvent, le temps de transport est considéré comme une contrainte sur le choix de transport. Au même titre que la dépense monétaire, le temps de transport est souvent considéré comme une variable qui doit être minimisée.

Ces deux types d'analyses se distinguent notamment par leurs objectifs et leurs méthodes d'enquête. Les enquêtes orientées transport se concentrent, pour l'essentiel sur la pratique de la mobilité et renseignent les attributs des indicateurs de mobilité, le plus souvent en décrivant les déplacements (distance, choix modal, origine et destination, durée du déplacement, etc.). Les enquêtes des usages du temps sont constituées des emplois du temps des individus, au sein desquels le transport apparaît comme une activité. Les attributs complets des déplacements ne sont pas toujours renseignés de façon complète, ce qui rend difficile une analyse de la mobilité à partir de ces enquêtes. Mais, la présence conjointe de données relatives au transport et aux autres activités permet l'intégration de la nature dérivée du transport.

Il résulte de ces distinctions en termes de données des objectifs différents. Les objectifs des analyses transport sont essentiellement la prévision de trafic et la valorisation de projets économiques. Ces analyses se concentrent sur les attributs des déplacements. Les analyses des usages des temps concernant le transport s'orientent vers la compréhension de l'articulation des temps et les mécanismes comportementaux régissant la concurrence des activités pour la ressource temporelle. Le plus souvent, elles décrivent les attributs de transport à un niveau de précision relativement réduit.

Toutefois, l'écart entre ces types d'études se réduit peu à peu. Les recherches en transport intègrent de plus en plus souvent la nature dérivée du transport et s'orientent donc vers une analyse de la mobilité fondée sur les activités (*activity-based approach*) (Pas, 1998). Cette conception de la mobilité introduit, notamment, les notions avancées par les premiers modèles microéconomiques reconnaissant le lien entre le budget-temps de transport et les temps d'activités (Evans, 1972). Une attention plus importante est donc portée aux études des usages des temps et aux approches pluridisciplinaires traitant de la question du temps.

II. Les premiers regards sur les temps de transport

La stabilité des temps de transport est généralement rattachée au nom de Zahavi. La popularité de ses travaux sur les temps de transport provient de la nouvelle compréhension, qu'il propose, des motivations de la demande de mobilité. L'ensemble du schéma explicatif de la mobilité, proposé par Zahavi, est fondé sur l'observation de la stabilité des temps de transport. Cependant, de nombreuses études, avant lui, ont porté leur attention, tout d'abord sur les budgets-temps, puis sur les budgets-temps de transport. L'histoire des budgets-temps remonte à la publication par Friedrich Engels de *The situation of the working class in England in 1844* (1845) où figurent des estimations sur la manière dont les ouvriers utilisaient leur temps. A notre connaissance, l'étude la plus ancienne étudiant les temps de déplacement est celle de Lill (1891), analyste de la tarification des chemins de fer autrichiens à la fin du 19^{ème} siècle. Gunnarsson (2000) rapporte ainsi les conclusions de Lill (1891) : « ...aucune différence n'apparaît en termes de consommation de temps et de coûts de transport, si un individu passionné par les voyages réalise n déplacements courts de k kilomètres, ou s'il ne fait qu'un seul déplacement de la même longueur : nk , car dans les deux cas, ce voyageur tire une satisfaction de la valeur de nk ».

1. Les études des emplois du temps

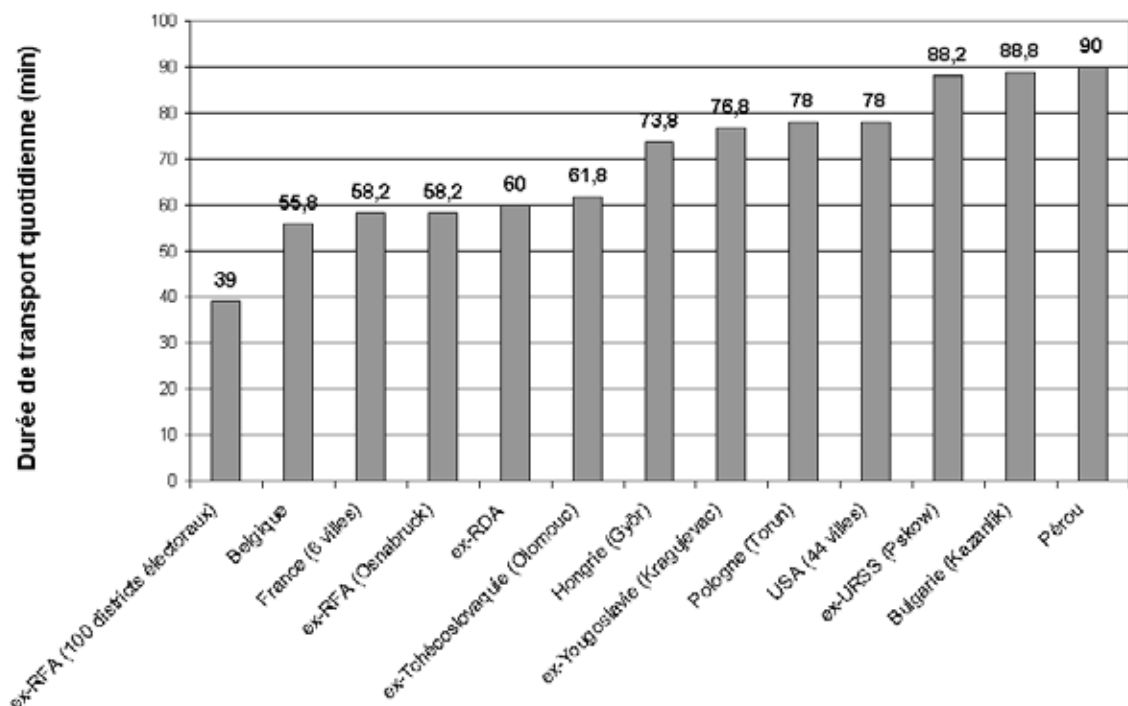
Les études des emplois du temps sont parmi les premières analyses à intégrer les aspects temporels du comportement individuel. Elles abordent, notamment, la question des temps de transport quand elles l'étudient aux côtés des autres activités composant les emplois du temps.

La première étude des emplois du temps comportant une étude spécifique des temps de transport date de 1944 (Liepmann, 1944). L'étude de Szalai (1972) retient particulièrement

l'attention des économistes des transports : la comparaison des temps moyens par activité, qu'elle propose pour 12 pays indique la proximité des temps consacrés aux transports (figure 1-2). Il observe que les durées de transport quotidiennes sont contenues dans un intervalle relativement étroit, malgré des différences fortes entre les agglomérations en termes de systèmes de transport et de niveaux de développement économique et social.

Szalai évoque déjà le paradoxe entre les performances distinctes des systèmes de transport en termes de vitesses de déplacement et la proximité des budgets-temps de transport nationaux. Il suggère alors pour expliquer la proximité des durées de transport que les performances des systèmes de transport produisent des gains de temps qui sont réinvestis par les individus dans des déplacements supplémentaires leur permettant d'étendre la zone de leurs accessibilités. Ainsi, dès 1972, il propose l'intuition du réinvestissement des gains de temps, qui fut par la suite reprise et approfondie par Zahavi.

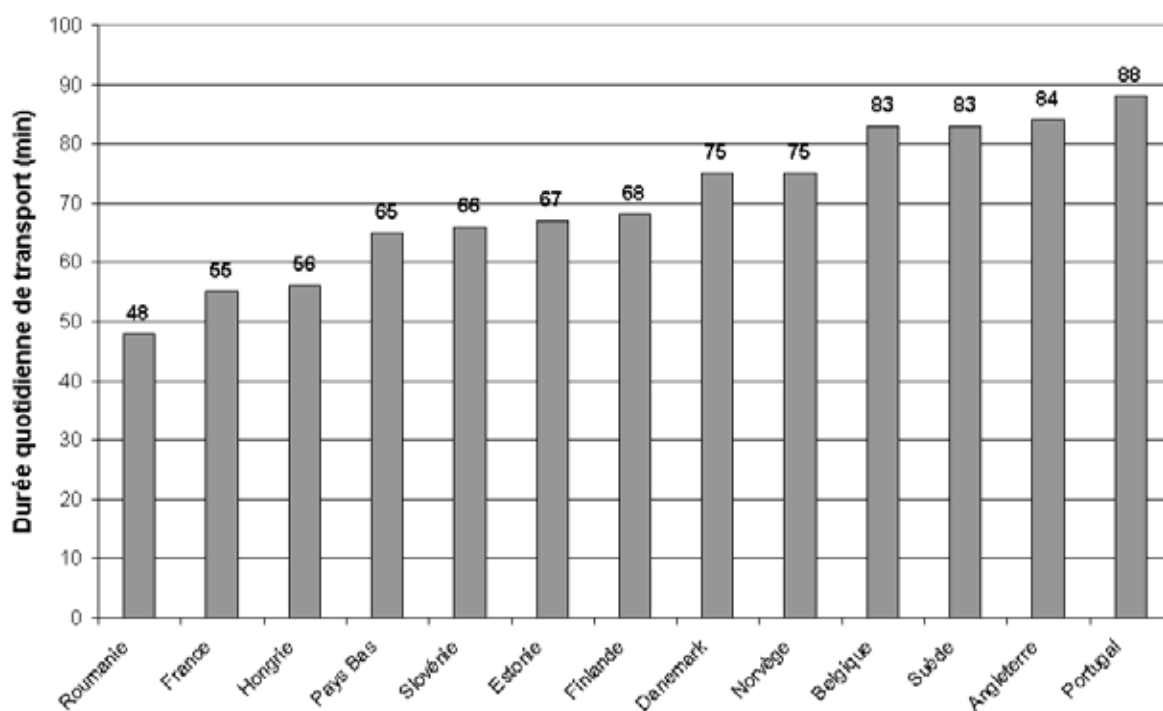
figure 1-2 : Durées de transport quotidiennes moyennes en min (début des années 1970)



Source : Szalai, (1972)

Dans la même période, de nombreuses études ont été réalisées sur les emplois du temps, tant en économie que dans d'autres disciplines. Loin de vouloir dresser une liste exhaustive des études des emplois du temps faisant référence aux temps de transport, nous pouvons citer quelques exemples. Robinson (1977) montre la stabilité des budgets-temps de transport américains. Hertz (1978) montre que les durées quotidiennes de transport obtenues à partir de l'enquête allemande KONTIV¹⁶ de 1976 sont similaires et sont les durées les plus stables, après le temps passé à domicile. Michelson (1985) analyse les emplois du temps au Canada. Plus récemment, nous pouvons citer les enquêtes emplois du temps européennes menées par Eurostat. Les enquêtes ont été réalisées entre 1998 et 2001 dans 13 pays membres selon des outils visant une harmonisation européenne des enquêtes. Elles révèlent une relative proximité des durées quotidiennes de transport (figure 1-3).

figure 1-3 : Durées de transport quotidiennes moyennes en min (fin des années 1990)



Source : Eurostat, (2003)

¹⁶ *Kontinuierlichen Befragung zum Verkerhesverhalten* : Enquête continue du comportement de mobilité.

2. Les études des coûts temporels de transport

L'intégration du temps dans les dépenses de transport a été réalisée par la constitution du coût généralisé permettant de sommer les différentes dépenses sous une seule unité de mesure. Ainsi, le concept théorique du coût généralisé permet de tenir compte de l'ensemble des coûts réels quantifiables et des coûts psychologiques qualitatifs. La difficulté réside dans la conversion des unités de mesure. Quelle est la valeur exacte d'une minute de transport exprimée en unité monétaire ?

La spécification du coût généralisé du transport intégrant le temps de transport aux côtés du coût monétaire a été étudiée dans les années 1960. Le coût généralisé a pu être exprimé en termes monétaires ou en termes temporels. Ainsi, Tanner (1961) est le premier à suggérer que les individus allouent, à leur mobilité quotidienne, une dépense généralisée fixe, qui est la somme des coûts monétaires et des dépenses temporelles monétarisées. Il constate une similitude de ces dépenses généralisées entre les villes de zones rurales et de zones urbaines britanniques. Symétriquement, Goodwin (1973) propose l'hypothèse de la stabilité des dépenses généralisées de transport exprimées en termes temporels. Il constate une stabilité de ces dépenses généralisées pour différents niveaux de revenu.

Par la suite, les études des coûts de mobilité ont nettement distingué les dépenses temporelles, des dépenses monétaires des déplacements. C'est dans les années 1970 que les études traditionnelles, basées sur les nombres de déplacements, présentent certaines de leurs limites face aux questions émergentes relatives à la compréhension des comportements de mobilité et leur adaptation aux évolutions urbaines, environnementales et politiques (McNally, 2000).

C'est dans ce contexte que Zahavi propose une modélisation de la demande de mobilité des agglomérations fondée sur la régularité des budgets de transport, qu'il observe dans de nombreuses villes pour des périodes différentes.

III. Les budgets-temps de transport au niveau agrégé

Au début des années 1970, Zahavi s'inscrit parmi les précurseurs qui étudient les temps de transport indépendamment du coût monétaire de transport. Ces travaux sur les budgets-temps de transport, puis sur les budgets monétaires de transport, sont les premiers à proposer la stabilité des deux budgets de transport.

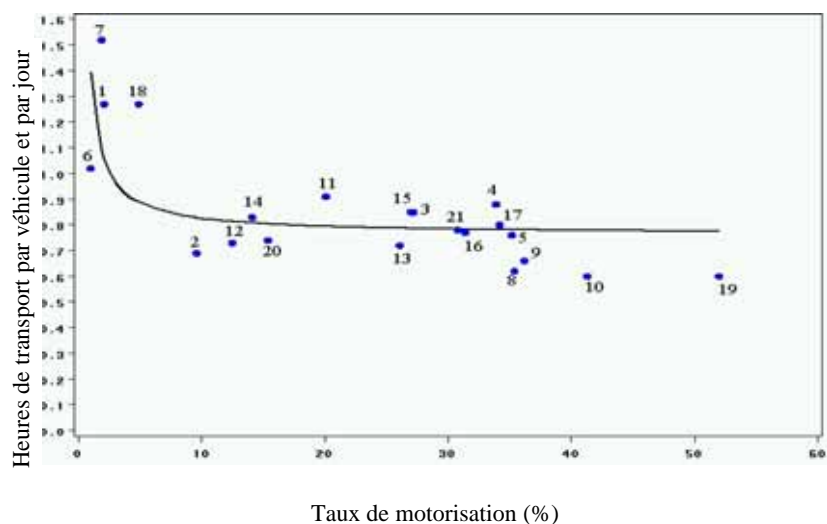
1. Les durées d'usage quotidien par véhicule

Zahavi propose tout d'abord, une relation de convergence entre le budget-temps de transport et les vitesses de déplacement. Il propose la « *TT-relationship* » en 1973, qui est l'ajustement des durées quotidiennes d'usage des véhicules particuliers par une fonction inverse du taux de motorisation (figure1-4). Cet ajustement produit une approximation de la relation supposée entre les durées quotidiennes individuelles de déplacement et les vitesses de déplacement.

Ce résultat fait apparaître, dès 1973, les intuitions qui vont guider la constitution de l'hypothèse forte de Zahavi. La rapide convergence des durées de transport et leur concentration dans un intervalle relativement étroit sont les arguments fondateurs de l'hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport. Elle laisse supposer que les budgets-temps de transport sont relativement proches d'une ville à l'autre et d'une période à l'autre. Ainsi, la stabilité des durées moyennes quotidiennes de déplacement est globalement vérifiée entre les villes d'un même pays, mais aussi entre villes de pays différents, l'intervalle des budgets-temps de transport étant relativement étroit autour d'1 heure (Allemagne : 1,05 h (63 min) ; Etats-Unis : 1,1 h (66 min) ; Grande Bretagne : 0,7 h (45 min) ; France : 0,7 h (45 min)) (Zahavi, 1979).

La figure 1-5 synthétise les données relatives aux différentes villes étudiées par Zahavi (1974, 1979). Pour des raisons de disponibilité des données, seuls les déplacements en automobile effectués sur un jour de semaine sont pris en compte. Afin de permettre une comparaison internationale, les données par automobile sont reproduite.

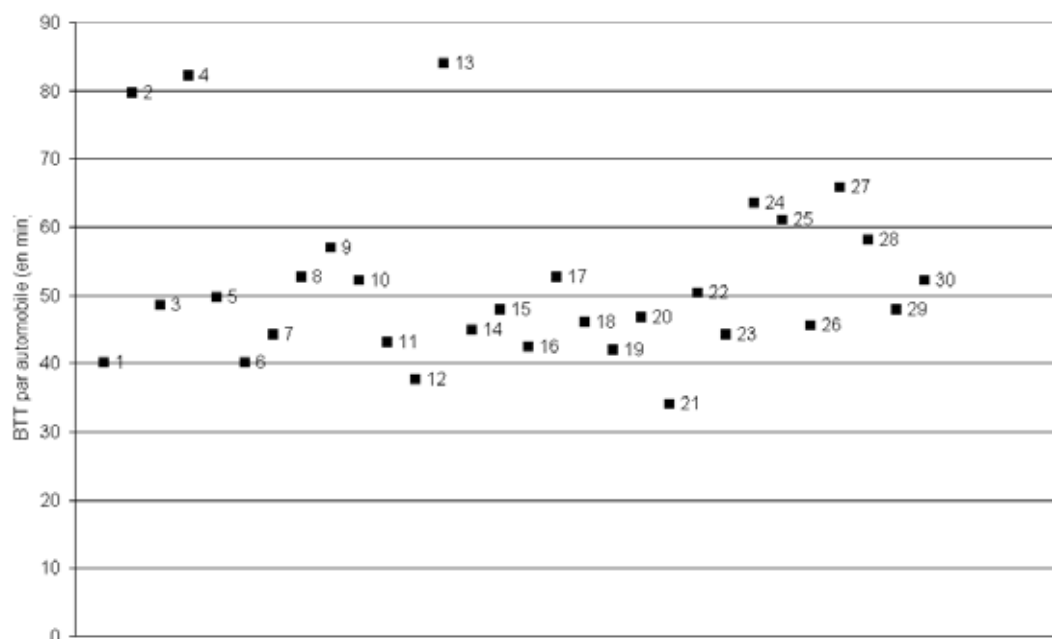
figure 1-4 : Heures quotidiennes de transport par véhicule particulier et taux de motorisation (en nombre de véhicules pour 100 personnes) par agglomération.



N°	Ville	Année	N°	Ville	Année
1	Athènes	1962	12	Kingston Upon Hull	1967
2	Athènes	1980	13	Kingston Upon Hull	1981
3	Baltimore	1962	14	Londres	1962
4	Baltimore	1980	15	Londres	1981
5	Bâton Rouge	1965	16	Meridian	1967
6	Bombay	1962	17	Pulaski	1964
7	Bombay	1981	18	Tel-Aviv	1965
8	Brisbane	1981	19	Tucson	1980
9	Chicago	1980	20	West Midlands	1964
10	Columbia	1985	21	West Midlands	1981
11	Copenhague	1967			

Source : Zahavi, (1973)

figure 1-5 : Budget-temps de transport par automobile (en min) dans les études de Zahavi (1974, 1979)



Villes et régions	Année d'étude	BTT par VP (en min)	Villes et régions	Année d'étude	BTT par VP (en min)
1 Baltimore	1962	40,2	16 Monroe	1965	42,6
2 Bangkok	1972	79,8	17 Nuremberg	1975	52,8
3 Belfast	1966	48,6	18 Oklahoma City	1965	46,2
4 Bogota	1969	82,2	19 Orlando	1965	42
5 Cincinnati	1965	49,8	20 Pulaski	1964	46,8
6 Columbia	1965	40,2	21 Rapid City	1963	34,2
7 Copenhague	1967	44,4	22 SouthEast Virginia	1962	50,4
8 Fort Smith	1965	52,8	23 Salt Lake City	1960	44,4
9 Indianapolis	1964	57	24 Singapour	1968	63,6
10 Kansas City	1957	52,2	25 South Bend	1967	61,2
11 Kingston Upon Hull	1967	43,2	26 St. Petersburg	1962	45,6
12 Knoxville	1962	37,8	27 Tel Aviv	1965	66
13 Kuala Lumpur	1973	84	28 Tri-State (New York, New Jersey, Connecticut)	1964	58,2
14 Londres	1962	45	29 Twin-Cities (Minneapolis / St. Paul)	1970	48
15 Los Angeles	1960	48	30 Washington D.C.	1968	52,2

Sources : Zahavi, (1974, 1979)

La comparaison internationale, effectuée par Zahavi utilise des données relativement comparables qui sont celles concernant le parc automobile des pays. Ainsi, à partir du nombre moyen de déplacements, de la distance moyenne et de la vitesse moyenne par déplacement, la durée moyenne d'utilisation par automobile est déduite. Un constat intermédiaire à l'hypothèse plus générale de Zahavi de stabilité des budgets-temps de transport est que les durées moyennes par automobile pour des villes américaines et européennes sont très proches, malgré les écarts existant en termes de populations ou de parcs automobiles. Cette durée oscille aux alentours de 0,78 h (47 min), plus ou moins 6 min.

Cependant cette stabilité internationale n'est valable que pour des pays industrialisés. Comme le montre le tableau, la durée moyenne d'usage d'une automobile dans des villes de pays émergents est nettement supérieure à celles observées dans des pays développés. De plus la variabilité de ces durées est aussi beaucoup plus forte. La différence en termes de niveaux de motorisation entre les pays émergents et les pays développés semble expliquer l'essentiel des variations de durées. Nous retrouvons là, l'idée de la convergence du budget-temps de transport avec le niveau de vitesse accessible.

2. Le temps de transport quotidien par personne

Dans une seconde phase, Zahavi (1979), Zahavi et Ryan (1980), Zahavi et Talvitie (1980) et Roth et Zahavi (1981) étudient les budgets-temps de transport par personne mobile à partir d'enquêtes déplacements. Les budgets-temps de transport de Washington (1955, 1968), Twin-Cities (Minneapolis-St Paul, 1958, 1970), Munich (1976), Bogota (1972), Singapour (1975), Salvador (1975/1976) sont alors étudiés par personne et/ou par mobile en fonction des niveaux de motorisation, de revenu, et des tailles de ménage (tableau 1-1).

Les budgets-temps de transport moyens observés dans ces agglomérations sont relativement proches. De plus, l'étude plus fine des budgets-temps de transport, qui est possible dans certaines de ces agglomérations, montre que les budgets-temps de transport sont relativement proches pour des segments de la population urbaine définis selon diverses variables socio-économiques individuelles ou du ménage.

tableau 1-1 : Budget-temps de transport quotidien (en h)

Ville	Année	Temps de déplacement en VP	Temps de déplacement en TC	Temps de déplacement tous modes
Washington ^{1,2}	1955	1,09ae	1,27ae	1,27ae ; 0,89be
	1968	1,11ae	1,42ae	1,30ae ; 0,94be
Twin-Cities ^{1,2}	1958	1,14ae	1,05ae	1,14ae ; 0,83be
	1970	1,13ae	1,15ae	1,13ae ; 0,87be
Etats-Unis ²	1970	1,06ae	0,99ae	-
Munich ¹	1976	-	-	1,15a
Singapour ¹	1975 (avt ALS)	-	-	1,27acf ; 1,40adf
	1975 (ap. ALS)	-	-	1,25acf ; 1,31adf
Salvador ³	1975/1976	-	-	1,89af
Bogota ³	1972	-	-	1,72af

(a : BTT par personne mobile ; b : BTT par personne ; c : personne motorisée ; d : personne non-motorisée ; e : déplacements motorisés ; f : déplacements tous modes)

(ALS : Area Licence Scheme (péage pour les véhicules entrant dans le centre-ville durant la période de pointe du matin avec moins de 4 personnes à bord.

Sources : 1 : Zahavi et Ryan (1980), 2 : Zahavi et Talvitie (1980) et 3 : Roth et Zahavi (1981)

De ces multiples études des durées de transport et des budgets monétaires de transport, Zahavi déduit les résultats suivants :

1. L'hypothèse « forte » de stabilité des budgets de transport peut être formulée ainsi :

- 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 année¹⁷.
- Les deux budgets de transport moyens sont constants au cours du temps pour chaque ville.

¹⁷ Les budgets monétaires de transport sont essentiellement étudiés dans le *UMOT project* (Zahavi, 1979). Un niveau de 10-11% du revenu disponible est consacré au transport par les ménages motorisés et un niveau de 3-5% par les ménages non-motorisés. Les travaux similaires de Oi et Shuldiner (1962), Morris et Wigan (1978) et Gunn (1981) indiquent aussi un effet positif du niveau de motorisation sur le niveau de dépenses en transport.

Cette constance est donc spatialement et temporellement transférable. Au niveau agrégé, la comparaison de plusieurs villes indique une proximité des temps de transport moyens qui apparaît d'autant plus remarquable que les systèmes urbains, les systèmes de transport et les populations observés sont différents. 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 ?

2. *L'hypothèse « faible » de régularité des budgets-temps de transport :*

Au niveau désagrégé, les segmentations des populations étudiées montrent la variabilité du budget-temps de transport selon les niveaux de revenu, la motorisation et la taille des ménages. Elle conduit Zahavi et Talvitie (1980) à conclure que des budgets-temps et monétaires de transport existent, dans le sens où une proximité apparaît entre les niveaux observés et où une certaine régularité des variations des budgets-temps de transport est visible selon les segmentations utilisées.

Les budgets-temps de transport sont considérés comme des fonctions de plusieurs variables.¹⁸

En définitive aux niveaux agrégés, l'association des résultats d'une rapide convergence des budgets-temps de transport avec une relative stabilité des dépenses temporelles de transport incite à penser que les budgets-temps de transport varient relativement peu entre les villes et dans le temps, même si l'on peut soupçonner l'existence de relations entre les budgets-temps de transport et certaines variables. Ces dernières sont essentielles au niveau désagrégé et certaines expliquent de façon systématique une part de la variance des budgets-temps de transport.

3. Les analyses agrégées

A la suite des travaux de Zahavi, un certain nombre d'études se concentrent sur l'analyse des budgets-temps de transport en vue d'en tester leur stabilité. Par exemple, au Royaume-Uni, la comparaison des budgets-temps de transport à partir des enquêtes de 1972-73 (Goodwin, 1975) et de 1975-76 (Landrock, 1981) fait apparaître leur stabilité, malgré les différences de densités de population des zones considérées. La similitude des budgets-temps

¹⁸ Zahavi et Talvitie, (1980), p. 18

de transport de 7 villes américaines malgré les différences de taille d'agglomération est illustrée par Peat, Marwick, Mitchell et al., (1972)¹⁹. Dans les agglomérations françaises, la stabilité des budgets-temps de transport est illustrée par l'étude de Godard (1978)²⁰.

Cependant, peu de recherches parviennent à adopter le même niveau mondial d'observation que celui de Zahavi. Les difficultés dues aux incompatibilités des jeux de données réduisent, la plupart du temps, les enquêtes à l'échelle d'un pays ou d'une région du monde.

Toutefois, quelques travaux parviennent à regrouper des données internationales.

a) Budgets-temps de transport du monde (années 1960-1978)

Hupkes (1982)²¹ propose la « loi des temps de transport et des nombres de déplacements constants », aussi appelée la « Brevet Law » aux Pays-Bas. Les durées de transport sont obtenues par les enquêtes hollandaises de 1962 et 1972. Elles sont comparées à celles obtenues dans d'autres régions du monde par les recherches d'autres auteurs²². Ainsi, les multiples moyennes nationales ou régionales de la durée de transport et du nombre de déplacements sont relativement proches (figure 1-6).

La « Brevet Law » met notamment l'accent sur la durée moyenne par déplacement. En effet, sous l'hypothèse de la stabilité simultanée des temps de transport et du nombre de déplacements, la durée moyenne d'un déplacement est prévisible et stable. De plus, elle permet de définir la distance moyenne d'un déplacement, en fonction des vitesses.

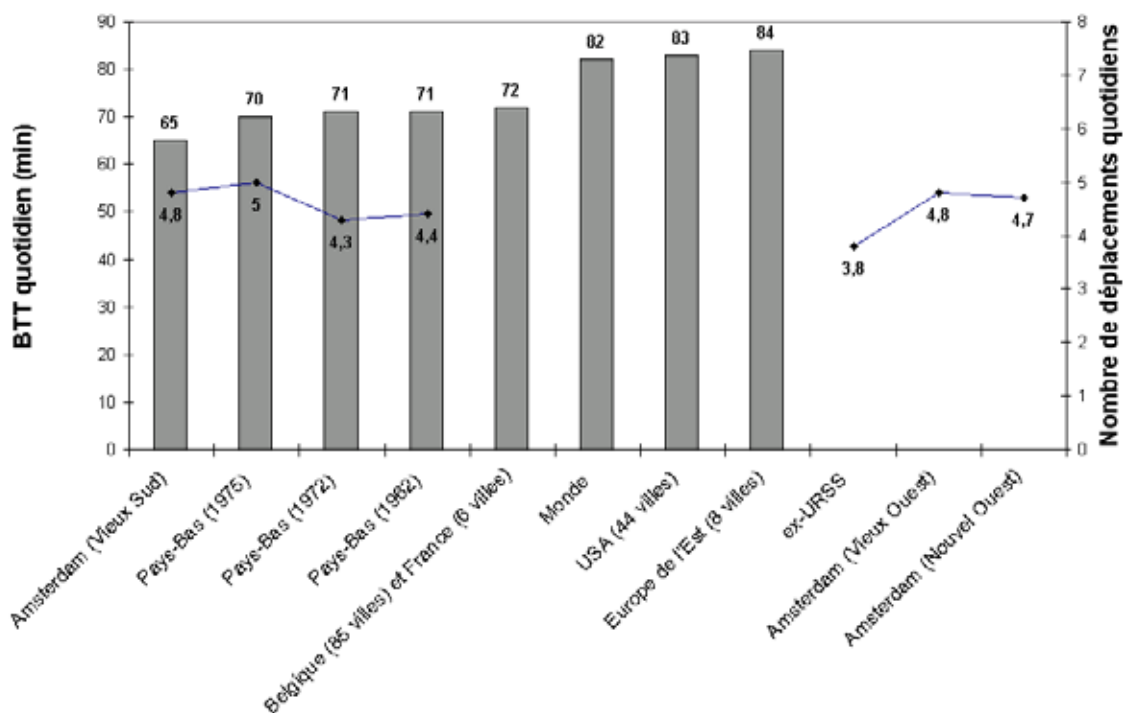
¹⁹ River Fall, Stockton, Colorado Springs, Louisville, Seattle, St. Louis, Boston.

²⁰ Orléans, Nancy, Grenoble, Nice, Rouen, Lyon et Marseille.

²¹ Hupkes a publié ses travaux sur les budgets-temps de transport hollandais en 1977. Mais, ils ne sont publiés en anglais qu'en 1982. Ainsi, Zahavi semble prolonger la notion de budgets-temps de transport fixes de Hupkes en ajoutant le budget monétaire de transport (Pas, 1998). Toutefois, la stabilité des temps de transport apparaît dans les travaux de Zahavi dès 1973, qui proposent un test de la stabilité des coûts temporels de transport inspirée par les résultats de Tanner (1961).

²² Clark et al. (1974), Szalai, (1972), Vidakovic (1970, 1978).

figure 1-6 : Nombre de déplacements quotidiens et budget-temps de transport quotidien par personne (Hupkes, 1982)



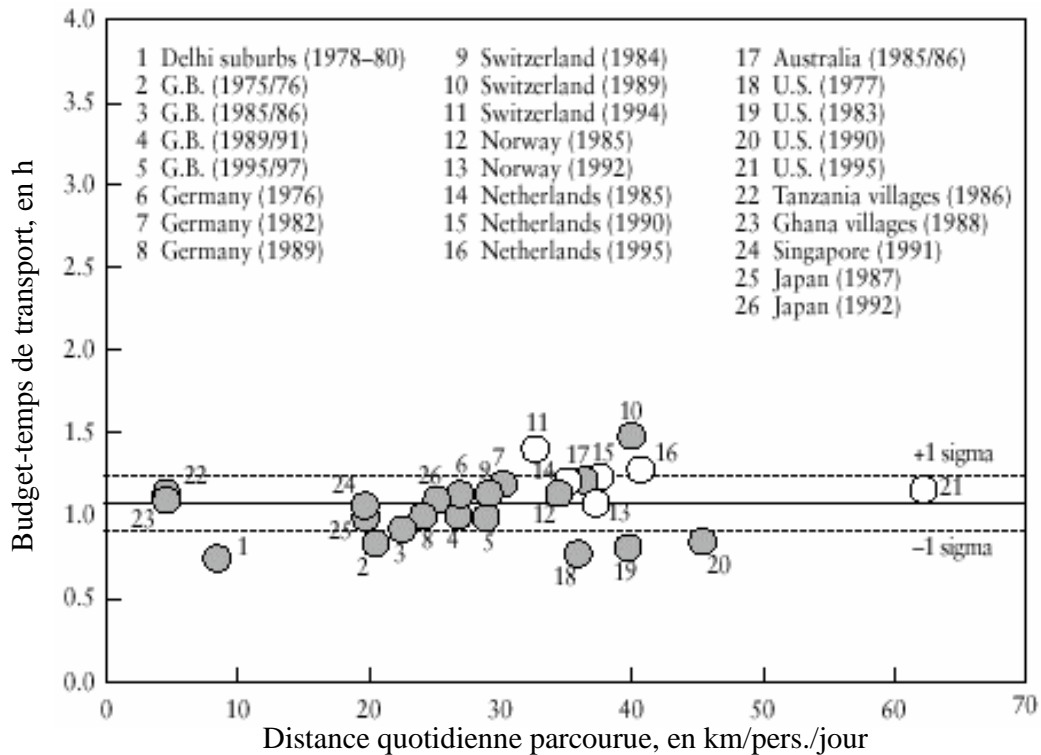
Source : Hupkes, (1982)

b) Budgets-temps de transport du monde (années 1970-2000)

Schafer (2000) présente les budgets-temps de transport quotidiens d'une grande variété de villes et de pays, évalués durant une période s'étendant de 1975 à 1997. La figure 1-7 et la figure 1-8 illustrent la concentration des budgets-temps de transport quotidiens nationaux et d'agglomérations autour d'une moyenne de 1,1 h.

Les graphiques font apparaître un intervalle d'une quarantaine de minutes qui contient la majorité des budgets-temps de transport. Les écarts à la moyenne sont proches de 20 min et représentent donc près d'un tiers du budget-temps moyen.

figure 1-7 : Budget-temps de transport, en heure par personne par jour et distance quotidienne moyenne parcourue par personne

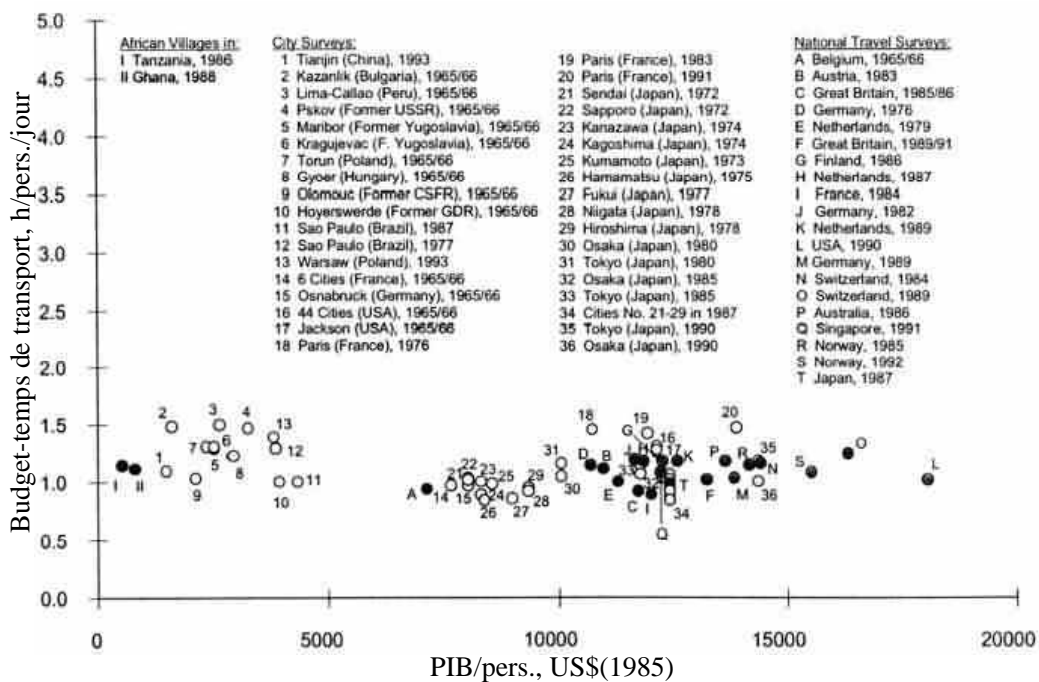


Source : Schafer, (2000)

La stabilité du budget-temps de transport apparaît face aux distances parcourues et au PIB par personne. Au travers de ces relations graphiques, le lien entre les croissances de l'économie et des transports est apparent. Par exemple, les croissances économiques des villes japonaises d'Osaka et Tokyo sont perceptibles sur la figure 1-8. Et parallèlement, sur la figure 1-7, les distances moyennes parcourues au Japon sont, elles aussi, croissantes. La notion du couplage des deux croissances, ainsi que la constance du budget-temps de transport sont illustrées par ces graphiques.

De plus, les villes américaines sont, sur les deux graphiques, les villes qui présentent les distances et les PIB les plus élevés. Parallèlement, elles se caractérisent par des taux de motorisation nettement plus élevés que les autres villes. Ces villes sont une illustration du phénomène d'étalement urbain. Leurs atouts en termes de vitesse sont des facteurs qui ont permis à leurs populations de délaisser les centres historiques et de parcourir de plus grandes distances, sans pour cela, consacrer plus de temps à leurs déplacements quotidiens.

figure 1-8 : Budget-temps de transport moyen par personne et PIB par personne



Source : Schafer et Victor, (2000)

Certaines précautions doivent être prises pour l'interprétation de ces résultats. En effet, malgré des efforts importants pour homogénéiser les données et permettre une comparaison des mobilités des populations, certaines questions relatives aux choix méthodologiques se posent. Les comparaisons proposées (figure 1-8) confrontent, d'une part les moyennes nationales et, d'autre part les moyennes par agglomération. Dans les deux cas, les définitions des méthodes d'enquête, des périodes d'enquête, des aires urbaines et des mobilités relevées restent problématiques. Elles ne permettent pas de conclure à l'universalité d'une caractéristique des comportements de mobilité. Et ce d'autant plus, que les budgets-temps observés regroupent parfois plusieurs agglomérations (par exemple, les 6 villes françaises, 1965/1966 ou les 44 villes américaines, 1965/1966).

En conséquence, lorsque Schafer bâtit une projection de la mobilité mondiale à l'horizon 2050, il ne peut pas quitter le niveau très agrégé de la sphère internationale. De ce fait, l'interprétation de l'hypothèse « forte » de stabilité des budgets-temps de transport et surtout son utilisation dans la modélisation de la mobilité et dans la compréhension des comportements de mobilité ne peuvent raisonnablement quitter ce niveau très agrégé.

c) Budgets-temps de transport américains

Kumar et Levinson (1995) observent la stabilité des budgets-temps de transport à l'aide de la base américaine NPTS (Nationwide Personal Transportation Survey, 1954, 1966, 1990). Malgré certaines variations du budget-temps de transport moyen illustrées pour l'année 1966, en partie dues à des questions méthodologiques, les auteurs montrent une relative stabilité du temps de déplacement quotidien américain entre 1954 et 1990 (tableau 1-2).

tableau 1-2 : Budget-temps de transport américain (en h)

BTT	Jour de semaine	Samedi	Dimanche
NPTS 1954	1.0	1.1	1.1
NPTS 1965/66	1.4	1.4	1.1
NPTS 1990/91	1.0	1.1	1.1

Source : Kumar et Levinson, (1995)

Par ailleurs, Levinson et Kumar (1995) observent des durées de déplacement relativement stables malgré l'augmentation des distances parcourues et des niveaux de congestion. Ils indiquent que ce paradoxe semble résulter d'un report de trafic des voies les moins rapides : les rues, vers les voies les plus rapides : les routes suburbaines.

Levinson et son équipe précisent ce phénomène lors de l'étude des temps de déplacement domicile-travail des aires métropolitaines de Washington (1968, 1988, 1994) et des Twin-Cities (1990-2000). Tout d'abord, à partir des observations de Washington (1968 et 1988), Levinson et Kumar (1994) proposent l'hypothèse de localisation rationnelle des individus (*Rational Locator*). Selon cette hypothèse, les acteurs (ménages et firmes) peuvent, s'ils le choisissent, maintenir une durée de déplacement domicile-travail approximativement stable en ajustant les localisations de leur domicile ou de leur lieu de travail, et ce notamment lorsque l'offre de transport est modifiée. Ainsi, en choisissant des localisations plus proches des voies rapides, notamment en périphérie, les agents parviennent à maintenir une durée de déplacement domicile-travail relativement stable. Toutefois, ce processus n'est pas confirmé pour les deux aires urbaines observées sur les périodes complètes, par Levinson et Wu (2005). Il apparaît que les temps de trajet domicile-travail sont croissants.

d) Budgets-temps de transport japonais

Sur la base des 131 villes référencées dans la base de données japonaise Nation-wide Person-Trip Survey de 1987, Katiyar et Ohta (1993) comparent les budgets-temps de transport quotidiens par personne (tableau 1-3). Pour cela ils distinguent les aires métropolitaines, comme Tokyo, Osaka et Nagoya, et leur périphérie qui ont un budget-temps plus élevé en moyenne que les autres « villes locales », plus petites. Les auteurs reportent notamment le coefficient de variation de chaque budget-temps. La faible dispersion, inférieure à 12 %, à l'intérieur de chaque classe de taille d'agglomération, renforce la similarité des budgets-temps de transport moyens japonais, pour des villes de taille comparable. Malgré l'effet taille, les budgets-temps de transport au niveau national japonais sont regroupés autour d'une moyenne de 60 min avec une dispersion relativement faible (16 %).

tableau 1-3: Budget-temps de transport japonais, 1987

Type de villes	Nb de villes	BTT (min) (coef. de var.)
<i>3 aires métropolitaines</i>		
Villes centrales	3	68,3 (0,008)
Villes périphériques	29	73,2 (0,122)
Total du groupe	32	72,7 (0,117)
<i>Villes locales</i>		
Population > 400000	18	59,3 (0,072)
Autres villes	81	54,6 (0,088)
Total du groupe	99	55,5 (0,091)
TOTAL	131	59,7 (0,161)

Source : Katiyar et Ohta, (1993)

e) Budgets-temps de transport français

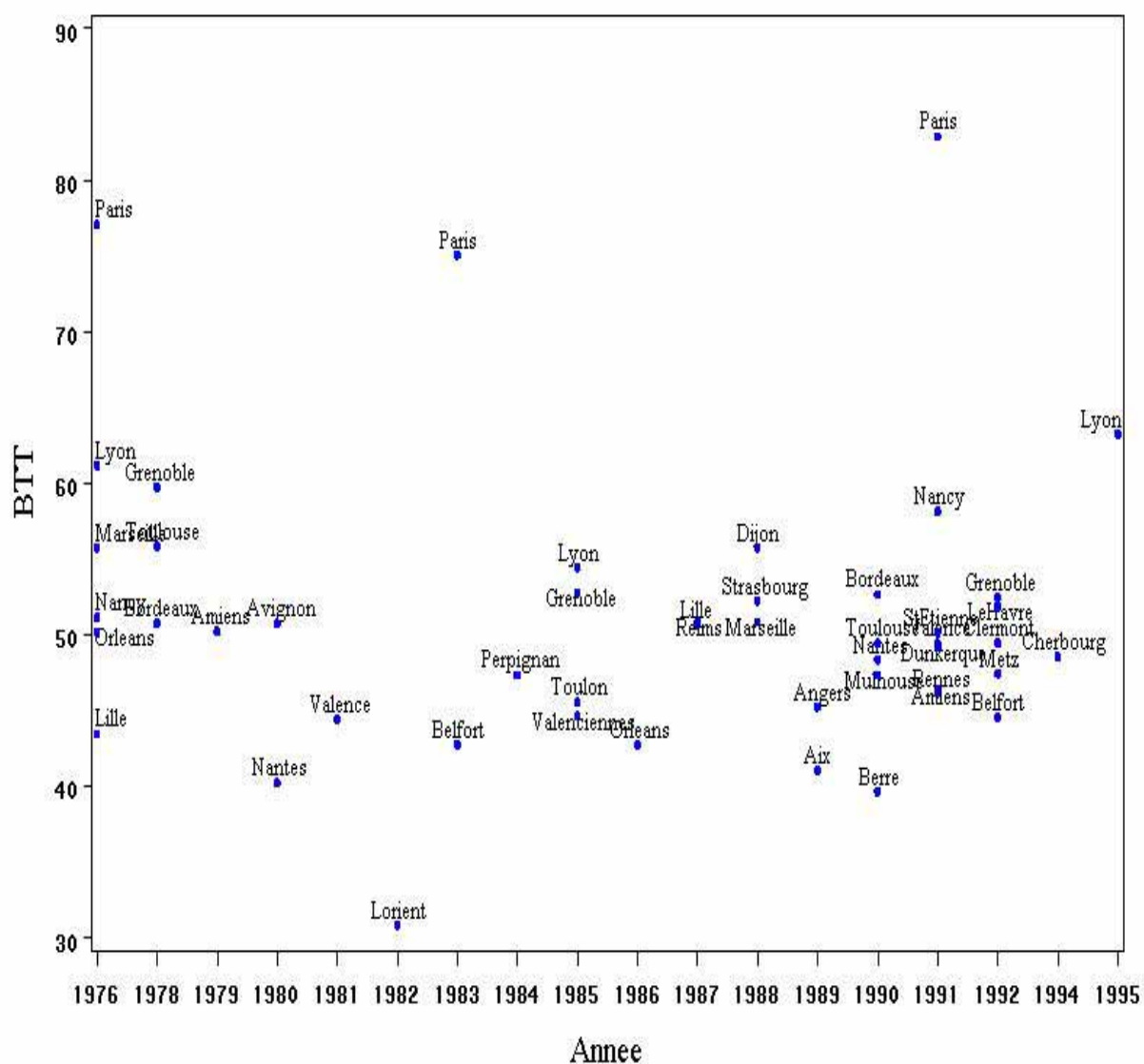
En 1998, Quetelard (1998) produit l'analyse des budgets-temps de transport de 44 agglomérations françaises couvrant la période 1976 à 1995 à partir des enquêtes ménages (figure 1-9). L'uniformisation de ces bases de données apporte un crédit particulier à cette analyse, qui de fait, se base sur des méthodes d'enquête, et des définitions d'indicateurs très proches pour l'ensemble des bases.

Le budget-temps de transport moyen français est de 49,3 min avec un écart type de 6 min. Dans les villes de province, les durées moyennes sont comprises dans l'intervalle de 40 à 60 min, avec une forte concentration entre 45 et 55 min.

Durant les deux décennies observées, les villes dont les budgets-temps étaient élevés dans les années 1970, voient leurs budgets-temps de transport baisser (Grenoble, Toulouse, Marseille). Alors que lorsque les budgets-temps étaient plus faibles dans les années 1970, ils augmentent sur la période (Lille, Nantes). Enfin, l'Ile-de-France se comporte de façon particulière avec des budgets-temps de transport beaucoup plus élevés, proches de 75 min.

Globalement ces résultats constituent, comme l'ont fait les résultats de Godard (1978), un argument sérieux soutenant la stabilité des budgets-temps de transport au niveau national. Un intervalle particulièrement étroit contient l'ensemble des budgets-temps de transport français. Les différences de définitions et de méthodes employées expliquent les écarts entre la moyenne obtenue (49,3 min, incluant les déplacements marche à pied) et les résultats de Zahavi, sur les déplacements motorisés des personnes mobiles, ou ceux de Schafer, sur l'ensemble des déplacements de la population urbaine totale.

figure 1-9 : Budget-temps de transport moyen par personne des villes françaises



Source : Quetelard, (1998)

Conclusion du Chapitre 1

Au niveau agrégé, la mise en évidence de la stabilité des budgets-temps de transport repose sur la comparaison de données relativement peu homogènes. Notamment lors de la constitution de la conjecture de Zahavi, les données sont relativement peu compatibles et adaptées à une comparaison internationale. Toutefois, la persistance du résultat (l'étroitesse de l'intervalle des budgets-temps de transport, face aux multiples situations culturelles, économiques, sociales, etc.), renforce la puissance du résultat. La proximité des budgets-temps de transport en est d'autant plus remarquable au niveau agrégé.

A un niveau plus fin, la transférabilité de la stabilité des budgets-temps de transport semble fortement risquée. Tout d'abord, en raison des nombreuses questions relatives à la robustesse des données utilisées, les comparaisons internationales n'autorisent pas la généralisation de la stabilité à un niveau moins agrégé que le niveau mondial. Ensuite, les résultats aux niveaux nationaux semblent indiquer une concentration relativement forte des budgets-temps de transport moyens des agglomérations. Au niveau japonais et français, un intervalle relativement étroit contient l'ensemble des budgets-temps de transport. Toutefois au niveau national, la comparabilité des données est améliorée par rapport au niveau international. De ce fait, la significativité des relations apparaissant entre les budgets-temps de transport et certaines caractéristiques urbaines est augmentée. Ainsi, des relations telles que l'effet taille, rendent plus ambiguë la validation de la stabilité des budgets-temps de transport nationaux.

La stabilité du budget-temps de transport ne peut donc pas être acceptée comme outil de prévision de la mobilité pour une agglomération. Mais, la proximité des dépenses de transport dans les différentes agglomérations semble indiquer qu'elles sont déterminées par des processus locaux relativement proches, ou du moins convergents. Cette régularité dans la détermination des dépenses de transport temporelles semble confirmée par l'existence de relations systématiques entre les budgets-temps de transport et certaines variables.

Enfin, par l'établissement d'une forme convergente du budget-temps de transport avec la vitesse, Zahavi n'avance pas l'idée d'une loi naturelle d'ordre chronobiologique qui

conduirait à limiter les budgets-temps de transport à une heure. En effet, tout au long de son exposé Zahavi envisage les relations potentielles entre les budgets-temps de transport et les caractéristiques des agglomérations ou des individus. Il met en perspective ces relations avec la régularité des ordres de grandeur des budgets-temps de transport observés dans les différentes agglomérations. La convergence des budgets-temps de transport avec la vitesse semble être une relation potentiellement généralisable dans de nombreuses agglomérations. Les relations avec d'autres variables ne sont pas pour autant exclues. Enfin, l'application de cette forme convergente des budgets-temps de transport permet à Zahavi de construire un modèle de prévision de mobilité urbaine (le modèle UMOT) à partir de l'estimation des niveaux de budgets-temps de transport.

Chapitre 2 - L'hypothèse faible des budgets-temps de transport

La relative proximité des temps de transport observée dans les différentes régions du monde soutient l'hypothèse forte de stabilité des budgets-temps de transport. Mais, le grand nombre d'analyses réalisées au niveau agrégé semble à la fois, indiquer l'existence de particularités locales. L'étude fine des situations urbaines conduit le plus souvent à la mise en évidence de l'influence de nombreuses variables. Il n'est pas rare qu'en usant de stratifications différentes des populations, certaines études fassent apparaître des résultats qui peuvent être contradictoires. Les unes infirment la constance des budgets-temps de transport, alors que les autres illustrent des dimensions supplémentaires de la stabilité. Dans cet exercice de segmentation, les choix opérés en termes d'unité d'observation, de variables de regroupement, etc. sont primordiaux. Cet aspect des analyses des budgets-temps de transport constitue une des grandes sources de critiques de l'hypothèse forte de stabilité. En effet, la proposition de Zahavi est le plus souvent comprise comme le postulat de l'égalité des budgets-temps de transport à une heure dans toutes les villes à toutes les périodes. Ainsi, toutes les variations obtenues autour de ce niveau par les segmentations opérées constituent autant de contre-exemples invalidant la « loi » de Zahavi.

Toutefois, chacune est susceptible de constituer un exemple de régularité à considérer dans le cadre de l'hypothèse faible des budgets-temps de transport. Selon la robustesse de ces relations, certains mécanismes et schémas explicatifs des comportements de mobilité peuvent être proposés. Ainsi, les relations identifiées avancent des éléments de compréhension de la place des temps de transport dans les questions, par exemple, de choix modal, de stratégie de localisation ou d'organisation des emplois du temps.

La revue de la littérature présentée dans ce chapitre recense les dimensions identifiées explicatives des budgets-temps de transport. Tout d'abord, les travaux de Zahavi menés au niveau désagrégé illustrent la relation entre les budgets-temps de transport et les vitesses (*TT-relationship*), constituant une des bases du modèle UMOT. Ensuite, les effets des très

nombreuses variables influençant les budgets-temps de transport sont recensés. Ces derniers se révèlent sensibles aux attributs temporels et spatiaux des contextes, aux caractéristiques socio-économiques des individus et des ménages et à l'organisation des programmes d'activités.

L'identification de ces régularités pose alors la question de la pertinence et de l'usage de l'hypothèse forte de stabilité et de l'hypothèse faible de régularité des budgets-temps de transport. Tout d'abord, ces multiples sources de variation réduisent le pouvoir de représentation du budget-temps de transport moyen et donc les zones d'application de l'hypothèse forte de stabilité. Ensuite, la recherche de régularités a permis de proposer un certain nombre de mécanismes d'ajustement du comportement de mobilité au moyen des attributs des déplacements, des programmes d'activités ou des localisations.

Section I - Les multiples régularités

Les travaux de Zahavi distinguent deux niveaux dans l'analyse : le niveau agrégé, auquel est réalisée une comparaison internationale des budgets-temps de transport ; et le niveau désagrégé, auquel les budgets-temps de transport de chaque agglomération sont étudiés pour différents segments de population. Cette distinction de niveaux trouble très certainement la compréhension de la conjecture de Zahavi. En effet, paradoxalement, le budget-temps de transport est dit constant, mais à la fois sensible à certaines variables.

Ces deux conclusions sont, en fait, complémentaires. D'une part, la stabilité observée au niveau agrégé soutient le concept de « budgets de transport » en tant que dépenses de transport déterminées par un ou plusieurs mécanismes régulateurs. D'autre part, l'analyse désagrégée s'assimile à l'étude des comportements de mobilité et à l'identification de leviers sur les budgets-temps de transport relatifs à la structure urbaine, au système de transport et aux caractéristiques socio-économiques. Elle constitue alors une étape vers la compréhension des comportements de mobilité et notamment des choix d'allocation de la ressource temporelle au transport.

Dès lors, nous ne pouvons plus rechercher une confirmation ou une infirmation de l'hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport au niveau désagrégé dans une ville ou une autre. Zahavi lui-même affirme que les budgets-temps de transport ne sont pas constants. De nombreuses variables sont susceptibles de les affecter. L'essentiel des critiques faites à

l'hypothèse de stabilité se concentrent sur l'illustration des relations entre les budgets-temps de transport et diverses variables.

En conséquence, les travaux relatifs aux budgets-temps de transport ne seront pas présentés selon une opposition entre les auteurs soutenant ou rejetant la stabilité des budgets-temps de transport. Nous aborderons cet exposé de la littérature tout d'abord, en présentant les objectifs des analyses des budgets-temps de transport et les premiers résultats de Zahavi. Puis, nous présenterons les invariants identifiés dans les dimensions temporelle et spatiale. Enfin selon les trois dimensions parmi lesquelles des leviers sur les budgets-temps de transport ont été recherchés : la structure urbaine, le système de transport et les caractéristiques socio-démographiques et économiques.

I. L'analyse des budgets-temps de transport

1. La recherche de régularités

Les premières analyses ont observé une relative stabilité des budgets-temps de transport. Mais rapidement, des variations autour du budget-temps de transport moyen sont découvertes en désagréant le niveau d'observation. La désagrégation multiplie les sources de variations potentielles. Ainsi, pour Roth et Zahavi (1981) au niveau le plus fin, les variations des indicateurs des comportements de mobilité des individus ou des ménages peuvent notamment provenir de :

- différences entre ménages en termes de caractéristiques socio-économiques,
- différences entre ménages d'un même groupe socio-économique, en termes de facteurs subjectifs, tels que les préférences,
- différences entre les personnes mobiles du même ménage,
- différences entre les jours pour une même personne mobile,
- erreurs d'échantillonnage et de codage.

De plus, une part de ces différences provient des variations des conditions de déplacement pour un même individu et entre individus. Elles peuvent s'exprimer au travers des caractéristiques des systèmes d'offre de transport, notamment en termes de performances ou d'accès au système de transport suivant la localisation des ménages. Enfin, les différences de structures urbaines peuvent expliquer certaines variations des indicateurs du comportement de

mobilité. En effet, la structure urbaine affecte à la fois la distribution des opportunités socio-économiques dans la ville et les conditions de déplacement, par les contraintes qu'elle impose sur les localisations et le système d'offre de transport.

En définitive, à un niveau d'analyse plus fin que le niveau mondial, la question soulevée par les études des budgets-temps de transport consiste davantage à savoir si les dépenses de transport sont prévisibles (ou, au moins, compréhensibles) plutôt qu'à valider leur stabilité. En conséquence, l'analyse des budgets-temps de transport s'oriente dans 3 directions (Kirby, 1981) :

- La recherche de stabilité ou de régularités transférables afin de construire un modèle prédictif. Les bases d'un tel modèle reposent sur la constance et la transférabilité de certains paramètres et certaines formes fonctionnelles. La validité du modèle dépend donc des résultats de l'étude de cette hypothèse de stabilité ou de régularité. En conséquence, les résultats du modèle sont fortement conditionnés par la précision du niveau de définition de l'hypothèse.
- La compréhension des variations. En adoptant un niveau désagrégé, l'analyste peut observer et tenter d'expliquer les différences de budgets-temps de transport entre différentes situations. A terme, une compréhension partielle des interrelations entre les différentes dimensions explicatives de la mobilité et des budgets-temps de transport (telles que la structure urbaine, le système d'offre de transport, les attributs individuels sociaux, démographiques, économiques, attitudinaux, etc.) peut être produite.
- La compréhension de la formation de l'apparente stabilité. Par l'étude des budgets-temps de transport selon les structures de population, l'analyse améliore la connaissance des mécanismes de compensation qui interviennent entre sous-groupes et qui maintiennent l'équilibre observé.

Pour la grande majorité, les études se concentrent sur les variations observées autour du budget-temps de transport moyen et mettent en évidence qu'il n'est *ni stable et ni transférable dans le temps et dans l'espace* pour un même sous-groupe de population. Relativement peu d'études disposent de séries temporelles sur les données de mobilité. Tout au plus les données sont constituées d'enquêtes réalisées à deux ou trois dates différentes selon des méthodologies

relativement proches. Malgré cette absence de séries temporelles, les analyses font apparaître des variations de long terme pour une même agglomération et une multitude de variations pour les sous-populations distinguées. Par ailleurs, les analyses en séries croisées suggèrent des variations systématiques des budgets-temps de transport selon les caractéristiques des zones et les attributs individuels.

Les travaux de Zahavi sur les budgets-temps de transport sont concentrés sur la détermination de régularités transférables entre agglomérations, afin de pouvoir prédire le budget-temps de transport dans son modèle UMOT. Pour cela, il établit le passage de l'hypothèse forte de stabilité des budgets-temps de transport à l'hypothèse faible de régularité, plus précisément, la convergence du budget-temps de transport avec la vitesse de déplacement.

2. De la constance à la convergence des budgets-temps de transport avec la vitesse

Ayant montré au niveau agrégé la remarquable proximité des budgets-temps de transport entre les différentes agglomérations et régions du monde, Zahavi recherche au niveau désagrégé l'existence de mécanismes régulateurs ou stabilisateurs explicatifs de cette stabilité. Pour cela, il se concentre sur l'étude des indicateurs de la mobilité et des caractéristiques du système d'offre de transport. Ainsi, il répond à un double enjeu :

- Relier les budgets-temps de transport aux caractéristiques de l'offre de transport, qui constituent très certainement une part des déterminants principaux de la demande de mobilité,
- Incrire les mécanismes liant mobilité et système de transport dans le cadre économique de l'offre et de la demande de transport.

Dans de nombreux travaux, Zahavi s'attache à identifier les relations possibles entre certaines grandeurs de la mobilité, essentiellement la distance parcourue, le budget-temps de transport et la vitesse de déplacement et à tester leur transférabilité. C'est notamment à partir de la validation de la transférabilité de la convergence des budgets-temps de transport avec la vitesse de déplacement que Zahavi construit le modèle de prévision de la mobilité : le *UMOT project*, qui utilise non pas la constance, mais la régularité du temps de transport avec la vitesse. De plus, ce lien entre le temps de déplacement, attribut de la demande de mobilité, et

la vitesse, caractéristique de l'offre de transport, apporte un fondement théorique à l'expression du temps de transport comme une fonction de demande de la vitesse.

C'est à la suite de multiples formalisations et tests de cette relation que Zahavi propose une relation directe et très rapidement convergente du budget-temps de transport avec la vitesse de déplacement. Il décrit la relation entre la vitesse de déplacement et le budget-temps de transport moyen par la fonction suivante :

$$BTT = b + \frac{a}{vitesse}$$

où a et b sont des coefficients à déterminer. Le niveau de b est le niveau de convergence du budget-temps de transport. Il est estimé juste inférieur à une heure de transport.

Pour l'ensemble des estimations qui ont été réalisées sur différents échantillons (figure 2-1), Zahavi obtient une convergence très rapide du budget-temps de transport moyen vers une heure. En fait, dès que la vitesse moyenne excède la vitesse de la marche à pied, le budget-temps de transport apparaît comme convergent. Dès que les 10 km/h sont atteints, soit quand la marche à pied est abandonnée, les budgets-temps de transport se regroupent dans un intervalle relativement étroit. Ainsi, avec l'accès à la motorisation, le temps consacré aux déplacements décroît, puis atteint très vite un palier à partir duquel la durée moyenne de transport se stabilise.

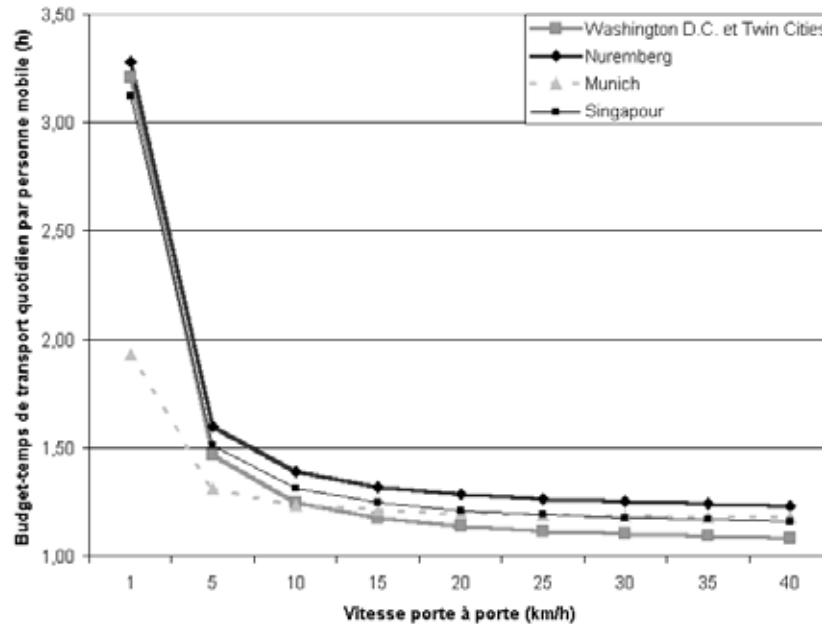
De plus, une partie de l'analyse de Zahavi (1979) et Zahavi et Talvitie (1980) s'oriente sur la relation entre les distances quotidiennes parcourues et les vitesses de déplacement. Ils mettent en évidence un lien linéaire entre les distances par personne et la vitesse porte-à-porte pour les villes de Washington, les Twin-Cities, Nuremberg, Munich et Singapour.

La régression utilisée pour l'étude de ce lien dans les différentes villes est de la forme :

$$Distance\ par\ mobile = b_0 + b_1 \cdot A \cdot vitesse + b_2 \cdot (1 - A) \cdot vitesse$$

où A vaut 1 pour l'automobile et 0 pour les transport collectifs. L'estimation de cette relation indique que les budgets-temps de transport sont relativement stables. Et surtout la relation déterminant la distance parcourue en fonction du niveau de vitesse du système d'offre apparaît transférable d'une ville à l'autre.

figure 2-1 : Temps de transport par personne mobile et vitesse porte à porte



Source : Zahavi, (1978)

Afin de justifier la forme de son modèle UMOT, Zahavi utilise la relative stabilité des dépenses temporelles et monétaires de transport, renforcée par leur convergence avec la vitesse. En effet, sous l'hypothèse de l'existence de budgets-temps de transport individuels déterminés rationnellement, il devient possible de considérer le temps de transport comme une ressource à allouer aux divers déplacements et non plus comme un coût fonction du nombre de déplacements. Ainsi dans le modèle UMOT, l'individu répartit entre les modes de déplacement, les ressources monétaires et temporelles allouées, au préalable, au poste de consommation transport. Etant donnés les niveaux de prix et de vitesses des différents modes de transport accessibles, l'individu maximise sa mobilité. La détermination des ressources allouées au transport est simplifiée en supposant qu'elles proviennent d'une étape amont du processus décisionnel de l'individu. Ce dernier conduit à une relative stabilité ou proximité des dépenses de transport. Le budget-temps de transport se détermine par la fonction convergente de la vitesse de déplacement. Et le budget monétaire de transport est une proportion fixe du revenu disponible.

II. Les régularités des budgets-temps de transport

Durant les années qui suivirent l'énoncé des hypothèses forte et faible des budgets-temps de transport, leurs usages dans les modèles de transport font l'objet d'études approfondies. Ainsi, *Transportation Research Part A* proposera un numéro spécial sur les budgets de transport en 1981 (*Personal Travel Budgets*). Peu à peu abandonnée dans les années 1980, l'étude des budgets-temps de transport est à nouveau considérée dans le cadre de la nouvelle approche de la mobilité basée sur les activités.

Les analyses des budgets-temps de transport ont recherché les variations des budgets-temps selon plusieurs dimensions :

- Le terme temporel de l'observation des budgets-temps de transport, qui révèle des variations dans le long terme entre décennies ou années, et dans le court et moyen terme, entre les mois, les jours d'observation et les horaires de déplacement,
- Les caractéristiques des zones regroupant les indicateurs géographiques généraux de l'agglomération, les attributs de la structure urbaine et du système de transport,
- Les attributs socio-économiques (statut professionnel, âge, revenu, motorisation, etc.) et les caractéristiques des programmes d'activités (durées et fréquences des activités, etc.).

Les multiples variables liées aux budgets-temps de transport sont finalement présentées dans le tableau 2-1. Et les variables *a priori* corrélées avec les budgets-temps de transport observés à Lyon en 1995 sont identifiées, dans la partie suivante, à l'aide d'une régression multiple.

1. Les variations en termes temporels – *trend* et saisonnalité

Sur le long terme, les budgets-temps de transport paraissent relativement stables, dans le sens où, ils restent contenus dans un intervalle relativement étroit. Schafer (2000) illustre cet intervalle au niveau mondial pour une trentaine d'années. Kumar et Levinson (1995) observent la relative stabilité du budget-temps de transport américain pour la période 1954-1990. Et Metz (2003) illustre la stabilité du temps de transport annuel moyen des villes anglaises sur la période 1972/73 à 1999/2001. Cependant, les budgets-temps de transport pour chaque agglomération ne paraissent pas pouvoir soutenir l'hypothèse de stabilité dans le temps. Les variations des budgets-temps de transport dépendent selon les régions et les villes étudiées du terme temporel utilisé. Dès un niveau d'analyse plus fin que le niveau mondial,

d'autres résultats illustrent la faible stabilité des budgets-temps de transport dans le temps. Ainsi, au niveau national, Van den Broek et al. (2004) montrent pour les Pays-Bas une augmentation significative du temps de transport hebdomadaire obtenu lors d'une enquête des emplois du temps nationaux réalisée régulièrement entre 1975 (6,6 h) et 2000 (8,4 h). Sur la base des résultats de Tanner (1979), Gunn (1981) montre la croissance des dépenses temporelles quotidiennes de transport en Angleterre de 1953 (45 min) à 1976 (52 min). Tout comme Mackett (1995) observe une hausse des distances parcourues et des budgets-temps de transport en Angleterre sur les décennies 1970 et 1980.

Au niveau des aires urbaines, Levinson et Wu (2005) rejettent la stabilité des budgets-temps de transport pour Washington entre 1968 et 1994 et pour les Twin-Cities entre 1990 et 2000. Kitamura et al. (2003) obtiennent des budgets-temps de transport croissants pour l'aire métropolitaine de Kyoto-Osaka-Kobe, entre 1970 et 2000. Purvis (1994) observe une croissance du budget-temps de transport par mobile pour San Francisco entre 1965 et 1981, et une baisse entre 1981 et 1990. Armoogum et al. (2003) illustrent des budgets-temps croissants pour Paris, Lyon et Lille entre 1976-1977 et 1995-1998. Enfin, les résultats de Quetelard (1998) sur les budgets-temps de transport des agglomérations françaises illustrent des tendances opposées selon les agglomérations. A Toulouse, Grenoble et Marseille une baisse du budget-temps est observée entre les années 1970 et 1990. Alors que Paris, Lyon, Lille et Nantes voient leurs budgets-temps croître sur la période.

Par ailleurs, certaines saisonnalités apparaissent. Tout d'abord au niveau mensuel, Kumar et Levinson (1995) ont constaté des variations d'environ 10 % entre les mois observés. L'été semble correspondre à des budgets-temps de déplacement plus élevés d'environ 10 min. Au niveau hebdomadaire, Schönfelder et Axhausen (2000) constatent l'existence de cycles dans les rythmes hebdomadaires. Les variations du temps alloué au transport par semaine sont plus faibles que celles du budget-temps de transport quotidien entre différents jours de semaine (Goodwin, 1978). Ces variations quotidiennes sont observées par un grand nombre d'études (tableau 2-1). Le vendredi affiche une mobilité plus importante qui se traduit par un budget-temps de transport moyen plus élevé que les autres jours de la semaine (Prendergast et Williams, 1981). Enfin, les horaires des déplacements affectent leur durée (Hamed et Mannering, 1993 ; Ma et Goulias, 1998). Cela souligne les interactions existant entre les

niveaux de mobilité et les horaires de déplacement et les impacts potentiels des adaptations au cours de la journée des programmes d'activités.

2. Les variations en termes spatiaux

a) Effet régional

Un premier effet spatial envisageable en quittant le niveau d'analyse agrégé mondial est un effet régional. Cet effet est constaté à l'intérieur des Etats-Unis par Levinson (1999) qui constate des budgets-temps de transport régionaux différents. Ainsi, la région Centre-Atlantique a des budgets-temps de transport plus faibles que la région des Rocheuses. Une telle différenciation est aussi retrouvée entre les pays européens (Eurostat, 2003, figure 1-3). Ou entre certaines régions américaines et certains pays européens, comme la différence entre la Californie et les Pays-Bas illustrée par Kitamura et al. (1992), ou la différence entre la Grande-Bretagne et les Etats-Unis (Giuliano et Narayan., 2003). De la même façon, Schwanen (2002) montre une forte dispersion des temps de trajet à motif travail dans les villes européennes.

A un niveau plus fin, les budgets-temps de transport peuvent être examinés en fonction des critères géographiques standards des régions étudiées, comme par exemple, la taille de l'agglomération, la densité urbaine, ou en fonction d'une typologie des zones urbaines.

b) Taille et densité de l'agglomération - structure urbaine

La comparaison des caractéristiques moyennes des agglomérations en lien avec leur budget-temps de transport moyen ne révèle pas de tendance systématique. Ainsi, seule une partie des études identifie quelques effets relativement faibles des caractéristiques de la structure urbaine.

La taille de la ville semble affecter le niveau de budget-temps de transport moyen. Ainsi, Godard (1978) montre que les budgets-temps de transport moyens des agglomérations françaises paraissent croissants avec la taille de la ville, mesurée par le niveau de population. Le même constat peut être fait des résultats de Quetelard (1998) qui illustrent un effet taille sur les budgets-temps de transport des villes françaises (figure 1-9). Par exemple, les résultats indiquent un seuil de 50 min pour les villes de plus de 500000 habitants. Ce léger effet taille semble également observé par l'étude de Wigan et Morris (1979), entre les villes

australienne de Melbourne et Albury/Wodonga. Katiyar et Ohta (1993) font apparaître des budgets-temps de transport plus importants pour les villes japonaises les plus grandes (tableau 1-3).

Enfin, cet effet de taille se dégage plus clairement pour les temps de déplacement à motif travail. La régression linéaire effectuée sur un échantillon de 61 villes américaines par Izraeli et McCarthy (1985) met en évidence l'effet de la taille des villes. De même, Gordon et al. (1991) et Schwanen (2002) montrent que ce temps de transport pour le motif travail est plus élevé dans les grandes villes et les villes denses.

Concernant la densité, Tanner (1961) montre que les dépenses temporelles de transport (marche-à-pied exclue) sont positivement corrélées à la densité et aux vitesses de déplacement. Ainsi, les zones rurales affichent des vitesses de déplacement plus élevées et des budgets-temps de transport plus faibles que les autres zones. Et les grandes zones urbaines ont les vitesses les plus faibles et les budgets-temps de transport les plus élevés. Ces résultats semblent confirmés par Gunn (1981). Il obtient pour les zones dont la densité résidentielle est la plus élevée les budgets-temps de transport les plus élevés. Et les zones les moins denses affichent les budgets-temps de transport les plus faibles. Mais entre ces deux extrêmes, l'effet de la densité résidentielle sur les budgets-temps de transport est faible. De même, Van der Hoorn (1979) obtient les budgets-temps de transport hebdomadaires les plus élevés pour les zones les plus denses. Et Landrock (1981) observe les budgets-temps de transport les plus élevés pour la métropole londonienne.

Izraeli et McCarthy avancent notamment les hypothèses suivant lesquelles :

- Les grandes villes ont un espace plus contraint, les empêchant de construire de nouvelles infrastructures et des pôles d'activités secondaires, nécessaires à la réduction de la congestion,
- La densité des villes a deux effets : le premier est la création de congestion, le second est la fuite de la concentration urbaine qui incite les individus à quitter le centre-ville pour la périphérie.

Cependant, Levinson (1999) donne l'exemple d'un très faible effet de taille pour les villes américaines. Par ailleurs, l'effet de la densité sur les budgets-temps de transport reste peu

démontré²³. Levinson (1999) constate un effet positif significatif de la densité sur le budget-temps de transport, mais qui reste très faible (1 % de la variance des budgets-temps seulement est expliquée par la variance de la densité). En définitive, la densité urbaine est très certainement un indicateur de la congestion et de la distance au(x) centre(s) métropolitain(s), plus que de la concentration elle-même (Levinson, 1999). En ce sens, la densité peut donc avoir plusieurs effets opposés sur les durées de déplacement : un effet d'attraction des trafics, un effet de réduction des distances et un effet de congestion. Enfin, ces effets de taille et de densité sont accompagnés d'effets relatifs à l'âge du bâti et à la part modale des transports publics.

L'ensemble de ces relations semble indiquer que les grandes villes denses, souvent les plus anciennes et usant relativement plus des transports publics sont des villes congestionnées et contraintes par leur espace. Ainsi, dans ces villes, les vitesses sont plus lentes, les distances parcourues sont plus élevées et, en conséquence les temps de transport sont plus importants que dans des villes moins denses, éventuellement polycentriques et bénéficiant de bonnes vitesses de déplacement²⁴.

Par ailleurs, l'analyse des localisations résidentielles des ménages révèle des relations contradictoires. Downes et Morrell (1981) observent des budgets-temps de transport par ménage stables pour toutes les « couronnes » de Reading. Supernak (1982) obtient des budgets-temps de transport plus élevés pour la zone urbaine de Baltimore, que la zone suburbaine. Mais, il observe le résultat inverse pour les Twin-Cities.

²³ L'essentiel des études des relations entre les formes urbaines et les mobilités se concentrent généralement sur les distances, les nombres de déplacements ou le partage modal. Les aspects temporels de la mobilité sont très rarement abordés ou uniquement au travers du temps de déplacement domicile-travail.

²⁴ Les travaux de Newman, Kenworthy et Laube (Kenworthy et Laube, 1996, 1999 ; Newman et Kenworthy 1989, 1996, 1998) ont fortement contribué aux fondements de cette opposition entre les villes denses européennes et les villes étalées américaines. Les auteurs ont notamment montré la relation entre la densité urbaine et les distances parcourues, les émissions polluantes et la dépendance automobile. Toutefois, cette opposition est rarement étudiée en termes de temps de déplacement. Comme le montrera le chapitre 3, l'écart entre les niveaux de budgets-temps de transport motorisé moyens des profils d'agglomération n'indique pas un allongement des temps de déplacement des villes denses. Au contraire, de façon paradoxale, ce sont les villes affichant les vitesses les plus rapides qui ont les budgets-temps de transport motorisé les plus élevés.

Enfin, Gordon et al. (1989) avancent que la raison pour laquelle les budgets-temps de transport dans les grandes villes sont plus élevés réside dans la structure de l'espace urbain et non dans la densité. Ainsi, l'effet de la densité sur la mobilité dans une ville polycentrique n'est pas déterminé aussi directement que dans une ville monocentrique, où la densité est synonyme de distances parcourues réduites.

c) Type de zones

De façon plus générale, les zones et les villes sont décrites par des qualificatifs multiples, tels que villes compactes, villes nouvelles, zones centrale, intérieure, extérieure et intermédiaire ou encore, zones équilibrées, résidentielles ou d'emplois, etc. (Downes et Morrell, 1981 ; Supernak, 1982 ; Cervero, 1995). Ces qualificatifs sont utilisés pour synthétiser un ensemble de caractéristiques urbaines. Et de la même façon que pour la densité, les relations entre les types de zone et les budgets-temps de transport sont relativement incertaines. Ainsi, Downes et Morrell (1981) observent des budgets-temps de transport relativement équivalents entre les zones intérieures, intermédiaires et extérieures de Reading. Barnes et Davies (2001) ne trouvent de différence significative qu'entre les budgets-temps de transport des habitants de la zone rural des Twin-Cities et les habitants du centre-ville. Les ruraux ont des temps de déplacement plus élevés que les centraux. Kitamura et al. (2003) constatent, dans la région métropolitaine de Kei-Han-Shin observée en 1970, 1980, 1990 et 2000, des effets positifs de la résidence dans une zone suburbaine qui se réduisent avec le temps.

Cette incertitude est partagée par la littérature relative aux interactions entre l'usage du sol et la mobilité, que nous aborderons dans le chapitre 4. En effet, l'étude de ces interactions a fait apparaître la diversité des impacts des caractéristiques des usages du sol sur les indicateurs de mobilité, telles que la distance parcourue, le partage modal et les temps de déplacement (Kenworthy et Laube, 1999 ; Stead, 1999 ; Badoe et Miller, 2000 ; Crane, 2000 ; Cervero, 2002 ; Dieleman et al., 2002 ; Meurs et Van Wee, 2003 ; Van Wee et Maat, 2003). Ces derniers sont essentiellement analysés au travers des durées moyennes par déplacement ou des durées moyennes de déplacement domicile-travail.

Comme nous le verrons par la suite, la densité reste un indicateur très général de la forme urbaine et synthétise tout un ensemble d'attributs urbains, tels que la concentration des

aménités, leur accessibilité, leur mixité ou l'orientation du système de transport vers les transports collectifs, un réseau viaire propice à la marche à pied, etc. Il en résulte une certaine difficulté pour déterminer l'effet de la structure urbaine sur les temps de déplacement. Les multiples interactions entre l'agencement urbain, les systèmes de transport et les choix de mobilité et de localisation rendent particulièrement complexe l'interprétation des résultats issus de cette voie de recherche.

De façon générale, une opposition entre deux systèmes urbains semble avérée. D'une part, une ville étalée et dispersée, dont le système de transport repose essentiellement sur l'automobile. Et d'autre part, une ville dense où les déplacements sont réalisés par un usage relativement équilibré entre l'automobile et les autres modes.

3. Les variations en termes de caractéristiques individuelles socio-économiques

Les dépenses temporelles de transport révèlent des variations importantes et systématiques selon certaines caractéristiques personnelles ou du ménage. Mais, l'interdépendance des différentes variables socio-économiques rend parfois les résultats contradictoires. Il en résulte une multitude d'effets identifiés pour de nombreuses caractéristiques individuelles socio-économiques ou des programmes d'activités. Une présentation de ces effets est proposée par Mokhtarian et Chen (2004) et regroupe les variables qui ont été le plus souvent testées, telles que l'âge, le statut professionnel, la motorisation, etc. Une révision de ces effets est présentée dans le tableau 2-1.

Parmi les travaux les plus récents se concentrant sur les budgets-temps de transport quotidiens, les deux études suivantes abordent toutes deux la modélisation des budgets-temps de transport à l'aide d'observations sur plusieurs périodes. La première (Kitamura et al., 2003) teste la régularité dans le temps des effets de variables socio-économiques sur les budgets-temps de transport. La seconde étude (Armoogum et al., 2003) propose une prévision des budgets-temps de transport pour différents groupes sociaux établie par la prolongation des tendances observées dans trois villes à trois dates.

Ainsi, Kitamura et al. (2003) régressent les temps de transport quotidiens de la région métropolitaine de Kei-Han-Shin observés en 1970, 1980, 1990 et 2000 sur un ensemble de variables relatives aux attributs socio-économiques des individus et des ménages, des

indicateurs d'accessibilité et de localisation résidentielle. Dans le but d'identifier des régularités significatives dans les relations entre les variables et les budgets-temps de transport, les auteurs testent la significativité des variations des coefficients entre les années. Ainsi, certains effets semblent évoluer entre les enquêtes. Par exemple, l'effet négatif des classes d'âge de 25-34 ans et 35-44 ans augmente sur la période 1990-2000, et l'effet négatif associé aux femmes avec enfants diminue. L'effet positif de la motorisation augmente, alors que les effets positifs de la résidence dans une zone suburbaine diminuent. Et l'effet négatif de l'accessibilité à l'emploi diminue et celui positif de l'accessibilité à la population augmente.

Armoogum et al. (2003) proposent un modèle longitudinal basé sur l'approche démographique « âge-cohorte ». L'impact de l'âge sur les temps de transport est décomposé en plusieurs éléments. Tout d'abord, l'effet du cycle de vie représentatif de la période d'observation correspond à l'évolution des comportements de mobilité liée à l'âge. Ensuite, le « saut de génération » tient compte des comportements de mobilité propres aux individus appartenant à une même génération. Enfin, l'effet propre à la période indique l'impact du contexte socio-économique global sur la mobilité. Ainsi, cette approche démographique décompose l'effet de l'âge observé sur plusieurs dates en un effet de génération et un effet de position dans le cycle de vie.

Formellement un indicateur de la mobilité, tel que le budget-temps de transport peut être décomposé de la façon suivante :

$$\pi_{a,k} = \alpha_a + \gamma_k + \varepsilon_{a,k}$$

où $\pi_{a,k}$ mesure le budget-temps de transport observé à la date $t=a+k$ d'un individu d'âge a et appartenant à la génération k . α_a mesure le comportement de la génération de référence à l'âge a . Cet élément définit le profil standard durant le cycle de vie. γ_k mesure le saut entre la cohorte k et la cohorte de référence : k_0 , $\varepsilon_{a,k}$ est le résidu du modèle.

Le modèle est estimé pour les villes de Paris, Lille et Lyon. Chacune est observée à trois dates entre 1975 et 2000. Les budgets-temps de transport sur la période observée sont significativement expliqués par le modèle âge-cohorte pour les trois villes.

La prolongation des tendances produit une estimation des budgets-temps de transport pour chaque ville à un horizon de trente ans et aussi pour différents groupes de population. Ainsi,

la hausse des temps de transport observée pour les trois villes se prolonge à l'horizon 2030, avec une hausse de 3 min pour Paris et 4 min pour Lille et Lyon. Et par exemple, le modèle prédit une hausse des budgets-temps de transport des résidents des zones suburbaines de Paris alors que celui des habitants de la zone centre décroît. Pour Lille et Lyon, les budgets-temps de transport sont plus élevés au centre qu'en périphérie. Les individus non-motorisés de Lille ont un budget-temps fortement croissant, alors que dans les autres agglomérations, les mêmes populations ont un budget-temps stable (Paris) et décroissant (Lyon). Enfin, l'écart entre les budgets-temps des hommes et des femmes se réduit, en raison de la hausse du budget-temps de transport des femmes dans les trois agglomérations.

Les résultats de ces deux travaux confirment la proposition de Zahavi et Talvitie (1980) selon laquelle, les budgets-temps de transport peuvent être expliqués par certaines variables. Cependant, ils montrent aussi l'existence d'un grand nombre d'effets potentiels et l'opposition de leur direction selon les villes.

De la même façon, un bon nombre des effets des caractéristiques socio-économiques identifiés dans le tableau 2-1 sont illustrés pour certaines villes françaises par les travaux de Quetelard (1998). Comme Godard (1978) l'avait réalisé, en désagrégant le budget-temps de transport moyen par agglomération, Quetelard montre que d'autres variables peuvent affecter les budgets-temps de transport. L'analyse de quatre enquêtes ménages (Grenoble 1985 et 1992, Cherbourg 1994 et Marseille 1988) indique que le budget-temps de transport semble :

- croissant avec la motorisation,
- plus élevé pour les hommes que pour les femmes,
- croissant avec la taille du ménage,
- lié à l'âge,
- plus élevé pour les personnes possédant le permis de conduire,
- lié à la position de l'individu dans le ménage,
- croissant avec le niveau d'étude,
- lié à la catégorie socioprofessionnelle.

Mais, les résultats de cette analyse en séries croisées sont nuancés par l'étude de l'évolution des budgets-temps de transport, à partir des enquêtes ménages de Lyon 1976-1985-1995, Grenoble 1978-1985-1992 et Belfort 1983-1992, qui fait apparaître des relations divergentes

selon les villes. Les évolutions des budgets-temps selon les caractéristiques des personnes (sexe, âge, niveau d'étude, statut de la personne, position dans le ménage, possession du permis de conduire, motorisation du ménage) sont différentes dans les trois agglomérations étudiées. Les structures des budgets-temps de transport par mode de déplacement évoluent au bénéfice de la voiture particulière. Et les structures des budgets-temps de transport selon les motifs de déplacement font apparaître une baisse du temps de transport des déplacements domicile-travail, au bénéfice des déplacements à motif de loisir.

Du fait des interrelations entre les caractéristiques individuelles et les programmes d'activités, certaines études ont défini des profils d'individu sur la base du croisement de plusieurs variables. Comme le propose Kaufmann (1999), les comportements de mobilité et les activités de la vie quotidienne peuvent s'articuler autour de quatre « sphères d'activités » (sphère du travail, sphère de l'engagement, sphère domestique, sphère du temps libre). Ces sphères de la vie quotidienne constituent les modes de vie, soit le reflet des aspirations des personnes et des contraintes de la vie quotidienne. Les mobilités spécifiques associées à chaque sphère constituent la dimension spatialisée des modes de vie. Ainsi, trois idéaux-types peuvent être énoncés : le mode de vie « citadin », le mode de vie « californien », le mode de vie « métropolitain ». Chacun se caractérise spatialement par rapport à la structure urbaine, au système de transport et est associé aux individus selon leur classe d'âge, leur structure familiale, etc. Ce type d'approche, définissant des styles de vie, est notamment développé par Principio et Pas (1997). Ils définissent sept styles de vie en fonction des programmes d'activités et montrent les différences en termes de nombres de déplacements, de chaînes de déplacements et de temps quotidiens de déplacement. Par exemple, les travailleurs actifs (*active workers*) ont les plus grands nombres de déplacements, de chaînes et les plus longs budgets-temps de transport. Les « socialisants » (*socializers*), qui consacrent plus de la moitié de leur temps aux activités sociales, sont caractérisés par les plus faibles nombres de déplacements et de chaînes et par une gestion peu efficace de leur chaîne de déplacements.

4. Les variations en termes de programmes d'activités

Avec le développement des analyses orientées sur les activités, les études des budgets-temps des activités se sont multipliées. Il en résulte une multitude de résultats relatifs aux durées de déplacement. Les relations entre les temps de transport et les durées des activités associées sont étudiées selon de nombreuses approches. Le budget-temps de transport quotidien est relativement peu étudié directement en relation avec les autres activités. Le plus souvent, il est décomposé en durées de déplacement par motif à destination ou en durées de déplacement quotidien selon le type d'activité associée. Face au nombre important d'études orientées sur les activités et traitant les durées de déplacement, la revue des effets des attributs des activités, présentées dans le tableau 2-1, ne peut prétendre à l'exhaustivité.

Une représentation simplifiée de l'allocation des temps aux activités mérite d'être soulignée. Kitamura et al. (1992) initient une recherche de proportionnalités entre les temps d'activités, hors temps de transport associés, et le temps total disponible. La proportionnalité n'est pas soutenue par les résultats de l'estimation pour les activités non-transport. La proportionnalité par rapport au temps disponible est recherchée pour les temps de transport quotidiens, les durées de trajets domicile-travail et les durées de transport pour des activités non-travail. Le temps de travail est introduit aux côtés des variables socio-économiques pour l'estimation de ces proportionnalités. Il apparaît que la durée du trajet domicile-travail est positivement corrélée avec la durée de travail. Les budgets-temps de transport quotidiens ne sont pas stables, notamment en raison des variations des durées des déplacements pour des motifs non-travail. Mais, la stabilité de la proportionnalité du temps de transport par rapport au temps total disponible après déduction du temps de travail, semble être assurée par l'ajustement des durées de transport pour d'autres motifs que le travail. En effet, une compensation semble s'opérer entre le temps de déplacement pour le travail et la durée des déplacements pour d'autres motifs.

Par ailleurs, la relation de proportionnalité entre le temps de transport et la durée de l'activité associée est testée par Dijst et Vidakovic (2000) et Schwanen et Dijst (2002). Ils proposent la théorie du « ratio du temps de transport ». Selon cette proposition, les individus arbitrent entre le temps de trajet et le temps de l'activité à destination. Le ratio des temps de transport sur la somme du temps d'activité et de la durée de l'activité reflète alors cet

arbitrage (Dijst et Vidakovic, 2000). Les individus accèdent alors aux activités dont la localisation satisfait un ratio de temps de transport de niveau acceptable. Les auteurs se concentrent sur la relation entre la durée de travail et le temps de trajet domicile-travail à partir de l'enquête nationale des Pays-Bas de 1998. Le ratio de temps de trajet pour le travail est de 0,105 et la médiane est de 0,085. La majorité des individus ont donc un ratio inférieur à 10%. L'ensemble de leurs résultats illustre la relative stabilité du ratio de temps de trajet pour le travail, par rapport aux variables socio-économiques et indique que les ratios sont plus élevés dans les zones périurbaines.

tableau 2-1 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport

Variables	Relations	Etudes
<i>Variations en termes temporels</i>		
Tendance de long terme (annuelle)	+	Tanner (1961)b ; Godard (1978)b ; Gunn (1981)b ; Purvis (1994)bce ; Levinson et Kumar (1995)b ; Mackett (1995)b ; Quetelard (1998)b ; Armoogum et al. (2003)b ; Kitamura et al. (2003)b ; Van den Broek et al. (2004)a ; Levinson et Wu (2005)b
	0	Kumar et Levinson (1995)b ; Schafer (2000)b ; Metz (2003)ai
Mois de l'année	S	Kumar et Levinson (1995)b
Semaine	C	Goodwin (1978)b ; Schönfelder et Axhausen (2000)a
Jour de la semaine	S	Van der Hoorn (1979)a ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Kumar et Levinson (1995)b ; Quetelard (1998)b
Horaire de la journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Horaire de départ du travail en heure de pointe	+	Hamed et Mannering (1993)d
Départ tardif du domicile	-	Ma et Goulias (1998)h
<i>Caractéristiques des zones</i>		
Effet régional	C	Kitamura et al. (1992)a ; Levinson (1999)b ; Schwanen (2002)d ; Timmermans et al. (2002)g ; Eurostat (2003)b ; Giuliano et al. (2003)b
Type de zone	S	Tanner (1961)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Downes et Morrell (1981)b ; Landrock (1981)bc ; Supernak (1982)b ; Kitamura et al. (1992)a ; Cervero (1995)h ; Rutherford et al. (1997)b ; Barnes et Davies (2001)b ; Kitamura et al. (2003)b
Densité de population	0	Goodwin (1976, 1978)b ; Tanner (1981)b ; Gordon et al. (1991)dh ; Metz (2003)i
	+	Tanner (1961)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Gunn (1981)b ; Landrock (1981)bc ; Levinson (1999)b
Population x densité de population	0	Landrock (1981)bc

tableau 2-1 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
Taille des villes (Population ou surface)	+	Godard (1978)b ; Morris et Wigan (1979) ; Izraeli et McCarthy (1985)b ; Gordon et al. (1991)dh ; Katiyar et Ohta (1993)b ; Quetelard (1998)b ; Schwanen (2002)d
Ancienneté dans le quartier	-	Hamed et Mannering (1993)d
Distance au centre	0	Chumak et Braaksma (1981)c
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>		
Age (classes d'âge)	C	Williams (1978)be ; Gunn (1981)b ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Kitamura et al. (1992)a et (2003)b ; Rutherford et al. (1996)b ; Quetelard (1998)b ; Metz (2003)i
	0	Roth et Zahavi (1981)b
Motorisation	+	Godard (1978)b ; Van der Hoorn (1979)a ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Purvis (1994)e ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b ; Kitamura et al. (2003)b ; Metz (2003)i
	-	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Roth et Zahavi (1981)c
	0	Bullock et al. (1974)b ; Downes et Morrell (1981)b ; Purvis (1994)b
	?	Goodwin (1976)b ; Zahavi et Talvitie (1980)c
Statut professionnel	S	Bullock et al. (1974)b ; Williams (1978)be ; Van der Hoorn (1979)a ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Wigan et Morris (1981)b ; Supernak (1982)b ; Kraan (1996)a ; Robinson (1997)a ; Ma et Goulias (1998)h ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b
Genre	S	Williams (1978)be ; Zahavi et Talvitie (1980)c ; Gunn (1981)b ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Wigan et Morris (1981)b ; Kitamura et al. (1992)a et (2003)b ; Levinson et Kumar (1995)b ; Robinson (1997)a ; Quetelard (1998)b ; Lu et Pas (1999)b
Genre x Age	S	Prendergast et Williams (1981)bc
Genre x Type de zone	S	Gunn (1981)b
Genre x Statut professionnel	S	Prendergast et Williams (1981)bc ; Robinson (1997)a ; Timmermans et al. (2002)g

tableau 2-1 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
Genre x Statut marital	S	Prendergast et Williams (1981)bc
Genre x Présence d'enfants	-	Kitamura et al. (2003)b
Permis de conduire	+	Quetelard (1998)b
Position dans le ménage	S	Quetelard (1998)b
Niveau d'éducation	+	Quetelard (1998)b
Taille du ménage	?	Zahavi et Talvitie (1980)c
	-	Purvis (1994)b
	+	Purvis (1994)e ; Quetelard (1998)b
	0	Roth et Zahavi (1981)c
	?	Zahavi et Talvitie (1980)c
Revenu	+	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Tanner (1981)b ; Lu et Pas (1999)b ; Metz (2003)i
	-	Roth et Zahavi (1981)c
	S	Gunn (1981)b
	0	Zahavi et Talvitie (1980)c ; Roth et Zahavi (1981)c
	+	Lu et Pas (1999)b
Nombre d'enfants	+	Lu et Pas (1999)b
Type d'emploi	S	Gunn (1981)b
Type d'emploi x age	S	Gunn (1981)b
Type d'individu	S	Van der Hoorn (1979)a ; Roth et Zahavi (1981)c ; Levinson et Kumar (1995)b ; Kraan (1996)a ; Golob et McNally (1997)f ; Principio et Pas (1997)

tableau 2-1 : Tableau des effets sur le budget-temps de transport (suite)

Variables	Relations	Etudes
<i>Caractéristiques des programmes activités</i>		
Durée d'activité à destination	+	Hamed et Mannering (1993)d ; Golob et McNally (1997)f ; Kitamura et al. (1998) ; Goulias et al. (1998)b ; Levinson (1999)g ; Lu et Pas (1999)
	-	Bhat et Misra (1999)d ; Levinson (1999)b ; Chen et Mokhtarian (2005)b
Type d'activité	S	Hamed et Mannering (1993)d ; Timmermans et al. (2002)g
Fréquence d'activités	S	Levinson (1999)g ;
Durée du déplacement précédent à destination de différents motifs	C	Ma et Goulias (1998)h
Nombre d'activités précédentes dans la même journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Durée des autres activités et du transport dans la même journée	-	Ma et Goulias (1998)h
Temps total disponible (24h)	-	Kitamura et al. (1992)a
Temps total des activités hors-domicile	+	Lu et Pas (1997)a
Mode de transport	S	Goodwin (1976)b ; Chumak et Braaksma (1981)c ; Prendergast et Williams (1981)bc ; Roth et Zahavi (1981)c ; Tanner (1981)b ; Golob (1990a)b

Source : d'après Mokhtarian et Chen, (2004)

+ : relation positive entre la variable et le temps de transport

- : relation négative entre la variable et le temps de transport

0 : relation non-significative entre la variable et le temps de transport

? : direction de la relation non claire

C : relation significative obtenue avec une variable ordinale, mais dont l'effet ne se résume pas à + ou - (par exemple, la classe d'âges de 20 à 30 ans correspond à des temps de transport supérieurs aux autres classes d'âges.)

S : relation significative obtenue avec une variable nominale catégorielle dont l'effet ne se résume pas à + ou -

a : temps de transport par personne par semaine

b : temps de transport par personne par jour

c : temps de transport par personne mobile par jour

d : temps de transport domicile-travail par personne par jour

e : temps de transport par ménage par jour

f : temps de transport total vers les activités hors-domicile en 2 jours

g : durée de déplacement par motif par personne

h : temps de transport par déplacement par personne

i : temps de transport annuel par personne

III. L'illustration des régularités de Lyon

Afin d'explorer et d'illustrer les relations entre les budgets-temps de transport et les attributs socio-économiques, une première analyse est proposée. Les budgets-temps de transport observés par l'enquête ménages de Lyon en 1995 sont estimés par une régression linéaire multiple.

1. Les données et les méthodes

L'étude désagrégée des temps de transport quotidiens proposée ici repose sur les données de l'enquête ménages menée à Lyon, par le CERTU entre novembre 1994 et avril 1995. Cette base de données renseigne les caractéristiques socio-démographiques et de mobilité de 6000 ménages et de chaque individu du ménage. Elle informe aussi sur la mobilité un jour de semaine de l'ensemble des membres du ménage de plus de 5 ans. Chaque déplacement est décrit par (a) les horaires de début et de fin de déplacement, (b) le type d'activité poursuivie à l'origine et à la destination de chaque déplacement, (c) le mode de transport du déplacement. Ainsi, l'emploi du temps quotidien hors-domicile peut être reconstitué du premier au dernier déplacement de la journée.

Un certain nombre de corrections et d'ajustements ont été nécessaires. Le travail réalisé sur les durées de transport et les durées d'activités a notamment permis de vérifier et corriger la non-pertinence de certains horaires renseignés dans la base. Lorsque ces horaires n'ont pas pu être corrigés, les individus correspondants ont du être éliminés de l'échantillon. De la même façon, les individus pour lesquels l'enquête ne révèle qu'un seul déplacement dans la journée ont été éliminés. Dans un second temps, afin de se concentrer sur le comportement d'allocation de temps à la mobilité il a été nécessaire de réduire le champ spatial de l'analyse au seul domaine de la mobilité urbaine quotidienne régulière ou non-exceptionnelle. En conséquence, les individus sortant de la zone enquêtée de l'agglomération lyonnaise et les individus dont le budget-temps de transport est supérieur à 360 min (6 h) sont volontairement écartés de l'analyse. Enfin, l'analyse se concentre uniquement sur la population mobile la journée enquêtée. En raison de l'absence d'information sur les activités à domicile, le comportement décisionnel relatif à l'engagement dans une ou plusieurs activités hors-domicile ne peut être analysé. Nous sommes donc contraints pour pouvoir intégrer cet aspect

de l'analyse, de considérer deux phases dans le processus décisionnel de la mobilité : (1) la participation à une activité hors-domicile et (2) le temps consacré à l'activité et à la mobilité correspondante.

L'usage d'une enquête déplacements pour l'analyse du transport comme une demande dérivée des activités rencontre certaines limites (Pendyala et Bhat, 2002). Notamment, ce type d'enquête ne recueille pas d'information sur les activités simultanées ou multiples poursuivies sur une même localisation.

Enfin, rappelons que dans l'objectif d'analyser les budgets-temps de transport, nous sommes contraints de nous limiter à l'étude de l'allocation de temps au transport, qui ne représente qu'une partie du processus décisionnel dans lequel la mobilité est une demande dérivée des activités.

Les annexes II, III et IV présentent les données, leur traitement et les définitions des variables utilisées. Notamment, l'annexe III décrit les données écartées par ces multiples corrections et ajustements et la variation résultante dans la distribution des budgets-temps de transport. Notons que la majeure partie des budgets-temps de transport les plus élevés est le fait d'horaires erronés, de déplacements uniques ou de déplacements hors-zone. L'analyse des budgets-temps de transport présentée dans la partie suivante repose sur les données correspondant aux horaires corrigés, excluant les déplacements uniques et les individus sortant de la zone d'enquête.

2. L'analyse des budgets-temps de transport

Les statistiques descriptives du tableau 2-2 montrent un budget-temps de transport moyen proche de ceux obtenus par Zahavi ou Schafer. Ici, les déplacements d'une durée supérieure à 6 h (moins de 1 % de l'échantillon) et ceux sortant de l'aire urbaine (moins de 5 % de l'échantillon) sont exclus de l'analyse.

tableau 2-2 : Statistiques descriptives des budgets-temps de transport (en min)

Moyenne	72,21	Médiane	60	Intervalle Interquartile	55
Ecart type	46,99	Mode	60	Intervalle des valeurs	353
N	11232	Quantile 75% (Q3)	95	Quantile 25% (Q1)	40

Dans l'objectif de rechercher une modélisation adaptée des budgets-temps de transport et d'étudier les variables influençant le budget-temps de transport, une première régression multiple est réalisée. La sélection des variables introduites dans le modèle repose sur la méthode classique *stepwise*²⁵ de sélection des variables explicatives.

Le tableau 2-3 contient les fragiles résultats de cette régression linéaire des budgets-temps de transport sur les caractéristiques individuelles et du ménage. Malgré le faible coefficient de détermination ($R^2 = 0,19$), les variables habituellement liées aux budgets-temps de transport sont identifiées et significatives.

Nos résultats peuvent être comparés avec ceux obtenus par les autres études mentionnées par Mokhtarian et Chen (2004) :

- La majorité des études montrent un effet significatif du *genre* sur le budget-temps de transport. Les hommes consacrent plus de temps à leurs déplacements quotidiens que les femmes (tableau 2-1). Par ailleurs, Prendergast et Williams (1981) et Robinson (1997) analysent les effets d'interaction entre le genre et le statut professionnel sur le temps de transport. Nous obtenons des résultats similaires, le budget-temps de transport maximum correspond aux hommes actifs et le budget-temps de transport minimum est associé aux femmes au foyer ou aux femmes sans emploi.
- L'effet estimé de *l'âge* est classique. Peu d'études obtiennent un effet non-significatif pour l'âge (Roth et Zahavi, 1981). Notre décomposition en classe d'âge n'est pas soutenue par l'échantillon et ne produit pas de coefficients significatifs. Les résultats de Prendergast et Williams (1981) et Kitamura et al. (1992) montrent que les individus des classes d'âge intermédiaires passent relativement plus de temps dans les transports que les jeunes (d'âge inférieur à 20 ans) et les personnes de plus de 50 ans.

²⁵ La méthode *stepwise* permet la sélection des variables les plus corrélées avec l'endogène du modèle, par un processus itératif tenant compte des colinéarités entre exogènes (Greene, 1997, Chap. 8, p. 401 ; Maddala, 1987, Chap. 8, p. 124-127).

tableau 2-3 : Régression linéaire des budgets-temps de transport

Variables Influentes	Estimateurs
Constante	62,01 ***
Nombre d'enfants de plus de 5 ans	-1,96 ***
Nombre d'enfants de moins de 5ans	-4,50 ***
Taille du ménage	2,71 ***
Homme	4,84 ***
Age	0,02
Ménage à haut revenu	2,33 **
Ménage à faible revenu	2,59 ***
Lundi	-2,21 **
Vendredi	3,68 ***
Jeudi	2,87 ***
Centre-ville	1,82
1ere couronne est	-2,15 **
3eme couronne ouest	4,63 ***
3eme couronne est	-2,48 **
Actif	14,10 ***
Deux-roues motorisées	-36,42 ***
Marche	-39,90 ***
Modes publics	4,983 ***
Vélo	-21,38 ***
Modes privés (VP)	-23,02 ***
Temps de travail	0,002
Temps de loisir	0,09 ***
Temps d'achat	0,14 ***
Accompagnement (0/1)	17,44 ***
R-Square	0,19

*seuil de significativité : * 0,1 ; ** 0,05 ; *** 0,01*

- Le *statut professionnel* est associé à un effet significatif. Ici, par opposition aux femmes au foyer, aux scolaires et aux chômeurs, les actifs ont des budgets-temps de transport plus élevés (tableau 2-1). La distinction entre les actifs et les inactifs est maintenant une des bases des modèles de mobilité orientés sur les activités (par exemple, CEMDAP de Bhat et al., 2004b).

- La *taille du ménage* a un effet positif sur le budget-temps de transport. Mais, certaines études montrent des résultats différents. Zahavi et Ryan (1980), Zahavi et Talvitie (1980) et Purvis (1994) ont observé un effet négatif de la taille du ménage sur le temps de transport quotidien par personne. Et Roth et Zahavi (1981) obtiennent un effet non-significatif. Le nombre d'individus du ménage peut être perçu comme un élément réduisant la part des responsabilités communes supportée par chaque membre. L'effet sur la mobilité individuelle dépendra alors de la part d'activités hors-domicile poursuivies en remplacement. Ainsi, dans notre cas, la taille du ménage pourrait permettre une augmentation de la participation individuelle à des activités hors-domicile avec pour conséquence une hausse de la mobilité et du budget-temps de transport.
- De la même façon, le *nombre d'enfants* peut être perçu comme un indicateur de la charge de responsabilités pesant sur les membres du ménage. L'effet sur le budget-temps de transport est encore plus fort lorsque les enfants sont en bas âge. Les membres d'un ménage avec un ou plusieurs enfants de moins de 5 ans doivent réduire leur participation aux activités hors-domicile et réduisent leur mobilité et leur budget-temps de transport.
- Les résultats des études antérieures relatifs aux *effets revenus* sont contradictoires. Comme pour la motorisation, de multiples effets opposés sont envisageables et observés (tableau 2-1). Ici, les membres de ménages à haut revenu et ceux de ménages à bas revenu ont des budgets-temps de transport plus élevés. Cela s'explique, très certainement pour les premiers, par une mobilité et une participation aux activités hors-domicile qui sont peu contraintes par les coûts monétaires, et pour les seconds par la prépondérance des contraintes monétaires pesant sur la mobilité.
- La *localisation résidentielle* est une variable influente sur les budgets-temps de transport de Lyon. Mokhtarian et Chen (2004) mentionnent que de nombreuses études ont identifié les caractéristiques des zones comme des variables influant sur les budgets-temps de transport. La localisation centrale, dans la zone la plus dense, conduit à des budgets-temps de transport plus élevés. Les localisations suburbaines sont associées à des budgets-temps de transport plus faibles, sauf pour la zone ouest de la troisième couronne. Pour comprendre les effets spécifiques des zones identifiées sur Lyon, nous manquons d'informations sur leurs attributs (comme par exemple, la densité de population, la taille

de la zone, etc.) et sur les caractéristiques de leurs systèmes de transport et de leur structure urbaine.

- Le *jour du déplacement* a un effet significatif sur le temps quotidien alloué au transport. Ici, les budgets-temps de transport sont plus élevés en fin de semaine. Cela révèle une partie des régularités et des habitudes des cycles quotidiens ou hebdomadaires de la mobilité et des emplois du temps (Downes et Morrell, 1981 ; Gunn, 1981 ; Prendergast et Williams, 1981 ; Roth et Zahavi, 1981 ; Huff et Hanson, 1990).

Goodwin (1981) propose trois origines des variations quotidiennes. Tout d'abord, un pur effet aléatoire. Ensuite, une variation systématique, due au fait que l'ensemble des types de déplacement ne peut être réalisé chaque jour. Enfin, un effet de retard peut apparaître. La mobilité observée sur la période courante peut résulter de contraintes provenant d'une période ultérieure inobservée. Comme le souligne, Mannering et al. (1994), l'intérêt de la compréhension des variations quotidiennes des emplois du temps réside dans la capacité à distinguer les variations de long terme (comme les variations d'organisation des activités en 1 an) des variations quotidiennes ou hebdomadaires de court terme. L'objectif étant alors de comprendre les variations des préférences qui altèrent les allocations de temps.

- Comme nous l'avons mentionné précédemment, la plupart des études qui obtiennent un impact des *durées des activités*, se concentrent sur le lien entre le temps de transport correspondant à la réalisation d'une activité particulière et la durée de cette réalisation. Kitamura et al. (1992) obtiennent un signe négatif associé à la durée de travail, semblant indiquer que plus l'individu accorde de temps au travail, moins il consacre de temps aux autres activités. L'effet que nous obtenons n'est pas significatif et ne peut indiquer le résultat de ce type de mécanisme sur les temps de transport. Lu et Pas (1999) et Principio et Pas (1999) ont observé que le temps de transport augmente avec le temps alloué aux activités hors-domicile et diminue avec le temps passé à domicile. Ici, nous n'avons pas l'information relative au temps à domicile. Nous observons uniquement les effets positifs sur le budget-temps de transport des durées quotidiennes des activités discrétionnaires hors-domicile (les motifs : achat et loisir). Enfin, l'indicateur d'*accompagnement* apparaît comme clairement significatif avec un effet positif sur le budget-temps de transport.
- L'introduction du *mode principal de transport* montre une réduction du budget-temps de transport avec l'usage des modes privés motorisés (automobile et deux roues motorisées)

et l'usage des modes privés non-motorisés (marche à pied et vélo). En conséquence, ces résultats montrent que l'usage des transports publics est associé à des budgets-temps de transport plus élevés. Si seule la possession d'une automobile est introduite comme un indicateur du choix modal, la même relation décroissante est obtenue. Cependant, comme le rappellent Mokhtarian et Chen (2004), les relations obtenues par les différentes études entre budget-temps de transport et l'équipement automobile sont souvent significatives, mais de sens opposé. Ces résultats contradictoires peuvent notamment provenir de la description employée pour décrire l'usage de modes différents au cours d'une journée, voire d'un même déplacement. Rappelons que l'indicateur utilisé ici est construit sur la base du nombre de déplacements réalisés à l'aide de chaque mode.

L'influence des variables sur le budget-temps de transport est confirmée par la régression linéaire. Mais la faible qualité de l'ajustement indique que les relations entre ces variables et le budget-temps de transport doivent être considérées avec précaution. En effet, la spécification linéaire peut être inadaptée, notamment si les relations entre les variables et les budgets-temps de transport ne sont pas monotones.

Cependant, comme le montre la confrontation des résultats obtenus sur différentes agglomérations, les multiples relations existantes ne permettent pas de déterminer des relations de causalité stricte sur le budget-temps de transport. Seules certaines régularités hypothétiques peuvent être émises et testées, telles que l'effet positif de la motorisation ou du revenu, ou les effets de l'âge, du genre, du statut professionnel, etc. Plusieurs de ces relations sont retrouvées dans l'analyse désagrégée menée à l'aide d'un modèle de durées dans le chapitre 6.

Enfin, les effets des variables sont identifiés à partir de la comparaison de situations individuelles au sein d'agglomérations. Les effets contradictoires de certaines variables proviennent logiquement de la comparaison de situations différentes avec des méthodes différentes. De plus, nous retrouvons là les limites de l'analyse en séries croisées. En effet, les ajustements marginaux sont déterminés par la distribution des budgets-temps de transport

étant donnée la structure de la population. Ils sont donc susceptibles d'être modifiés avec les variations de la structure de la population dans le temps et entre agglomérations.

Ces différentes relations illustrent un certain nombre de mécanismes intervenant dans la relation de coproduction entre l'organisation urbaine et la mobilité et d'autres constituant des éléments de compréhension des comportements de mobilité. Mais, de façon plus générale, le pouvoir de représentation de la moyenne est aussi sévèrement malmené.

Section II - Les usages du budget-temps de transport

L'identification des variations des budgets-temps de transport informe, dans un premier temps, sur le pouvoir de représentation de la moyenne. En effet, les mesures de variance produites déterminent le niveau de concentration des observations. L'étude de l'amplitude de ces variances conduit à s'interroger sur la définition de la stabilité et sur la qualité du budget-temps de transport moyen en tant qu'outil de modélisation. Dans un second temps, les variations systématiques du budget-temps de transport avec certaines variables semblent indiquer l'existence de mécanismes caractéristiques de la mobilité et d'autres caractéristiques de la coproduction ville-transport.

I. Le pouvoir de représentation et l'usage de la stabilité du budget-temps de transport moyen

Les différentes analyses des budgets-temps de transport révèlent une multitude de sources de variations observées au niveau agrégé lors de comparaisons entre agglomérations, comme à des niveaux plus fins entre quartiers ou entre sous-populations de l'agglomération. Si une partie des résultats soutient l'hypothèse d'une relative stabilité du budget-temps de transport, la majeure partie d'entre eux conduit à s'interroger sur la définition de la stabilité.

L'hypothèse de stabilité est fondée sur l'observation de la proximité des dépenses de transport moyennes entre agglomérations ou entre sous-populations et parfois entre plusieurs périodes. Ainsi, sous l'hypothèse de stabilité, les variations autour de la moyenne sont supposées négligeables. Au niveau agrégé, dans le cadre de l'hypothèse forte, le budget-temps de transport moyen observé est supposé représenter celui de toute ville du monde, des années 1950 à maintenant. A un niveau plus fin, par exemple, le budget-temps moyen d'une

agglomération devrait représenter celui d'un individu issu de n'importe quelle sous-population.

Cependant, les niveaux de variation observés peuvent difficilement être qualifiés de négligeables, tant au niveau agrégé, qu'au niveau désagrégé. En effet, comment peut-on s'assurer que les variations observées ne sont que le résultat d'erreurs de mesure ou de biais relatifs aux enquêtes comparées, etc. ? Ou comment vérifier l'absence de tout effet sur les budgets-temps de transport relatif aux situations particulières observées ? Cette question épineuse suscite l'opposition des points de vue. Par exemple, Gunn (1981) critique le jugement de Godard (1978) suivant lequel on ne peut affirmer la stabilité du budget-temps de transport à cause de variations de 10 %. Pour Gunn, ces variations peuvent provenir d'erreurs inhérentes aux données. Notamment si les enquêtes n'ont pas été réalisées aux mêmes dates, les effets de la saisonnalité peuvent être soupçonnés.

Cependant, la diversité des situations observées rend d'autant plus surprenante la proximité des budgets-temps de transport observés. L'étendue de l'intervalle des budgets-temps de transport du monde est faible relativement aux zones géographiques considérées. La question se pose alors de savoir si la stabilité peut être justifiée en comparant la variance des budgets-temps à la variance entre les situations urbaines (ou individuelles) étudiées.

Dans l'objectif de définir un outil de représentation ou de modélisation, la variance des budgets-temps de transport détermine à elle seule les erreurs encourues. Quelles que soient les situations comparées, considérer que le budget-temps de transport moyen peut représenter celui de toute ville ou de tout individu tient d'un réductionnisme excessif, si les variances sont importantes. Rappelons que l'écart type d'un échantillon intervient dans la définition statistique des intervalles de confiance des paramètres de sa distribution. Précisément, il accroît l'étendue de l'intervalle de confiance de la moyenne et peut conduire à accepter plus facilement la proximité des budgets-temps de transport. Mais en contrepartie, il réduit aussi la qualité de représentation et prédictive de la moyenne.

Cette stabilité est d'autant plus complexe à démontrer dès lors que l'on considère aussi la dimension temporelle. Aucune analyse des variations au cours du temps des budgets-temps de transport n'est fondée sur un panel d'individus identiques à chaque date d'enquête. Tout au plus, les données sont composées d'enquêtes transport ou d'enquêtes emploi du temps réalisées à intervalle régulier sur des populations différentes.

En définitive, l'appréciation de la proximité des budgets-temps de transport et leur stabilité est une question complexe faisant intervenir le jugement de l'analyste sur le niveau de dispersion permettant ou non de soutenir la stabilité. De notre point de vue, l'apport essentiel des études réside certainement plus dans le croisement des budgets-temps de transport avec d'autres variables que dans la seule analyse descriptive de leur distribution. Dans ce sens, l'approche multidimensionnelle des budgets-temps de transport propose de nombreux mécanismes de compensation qui apportent de nouvelles compréhensions des comportements de mobilité.

II. Les compensations identifiées

Un certain nombre de compensations sont identifiées entre des sous-groupes complémentaires d'individus. Ainsi, à structure de population fixée, le budget-temps de transport moyen peut être perçu comme le résultat de la compensation des temps de transport des groupes définis selon, par exemple, le nombre de déplacements quotidiens, les motifs de déplacement, les modes de transport, les statuts professionnels, la motorisation, etc. A partir de ces segmentations, l'analyse en séries croisées tente de déduire les impacts des variables sur les budgets-temps de transport. Les résultats de ces méthodes restent limités par l'hypothèse de transférabilité de la structure de la population. Une méthode d'analyse plus rigoureuse nécessiterait l'observation de la population dans le temps pour tenir compte de l'évolution de sa structure dans la détermination des effets. Cependant, la majorité des études sont fondées sur des séries croisées. Elles apportent tout de même une connaissance de la distribution des budgets-temps de transport et permettent de proposer des interprétations des relations apparaissant, en termes de mécanismes d'ajustement du comportement de mobilité.

De façon générale, les analyses des budgets-temps de transport ont illustré des phénomènes d'ajustement qui interviennent au niveau des trois dimensions de la mobilité suivantes (Kaufmann, 1999) : les déplacements, les activités et les lieux d'activité. Pour ces trois dimensions nous pouvons exprimer les budgets-temps de transport comme :

$$BTT = \sum_i (\text{Nombre de déplacements pour } i) \times (\text{durée moyenne par déplacement pour } i)$$

où l'indice i marque selon les dimensions : l'ensemble des modes de déplacement, l'ensemble des motifs de déplacement, l'ensemble des destinations des déplacements. La plupart des

mécanismes d'ajustement des trois dimensions est basée sur le mécanisme basique suivant lequel, si la durée moyenne par déplacement est augmentée, alors pour maintenir un budget-temps de transport stable, le nombre de déplacements doit être réduit. Inversement, une réduction du temps moyen d'un déplacement permettra un plus grand nombre de déplacements pour un même budget-temps de transport. C'est ce que Purvis (1994) observe pour la baie de San Francisco. Parallèlement à une relative stabilité du budget-temps de transport moyen par personne, par mobile (au moins 1 déplacement motorisé) et par véhicule entre 1965, 1981, 1990, le nombre moyen de déplacements par personne se réduit et la durée moyenne par déplacement s'allonge.

1. L'ajustement par les déplacements

Les premiers mécanismes régulateurs de la mobilité quotidienne sont ceux liés aux déplacements. Pour palier à une hausse du budget-temps de transport induite par la modification des vitesses, par la congestion ou des modifications des localisations les moins ajustables à court terme (lieu de travail et de résidence) des ajustements sont proposés à partir des caractéristiques des déplacements. Les leviers majeurs de cette dimension sont la vitesse et le nombre de déplacements selon les modes de déplacement, les horaires de déplacement, ou encore l'enchaînement des déplacements.

La décomposition du budget-temps de transport moyen en temps de transport par mode fait apparaître les compensations qui existent entre les modes. Schafer (2000) illustre le transfert modal qui s'opère au fil du temps des modes lents (les modes non-mécanisés) vers les modes rapides (l'automobile). La substitution modale semble motivée par l'accession à des vitesses plus rapides associées à des distances parcourues plus grandes. Sous l'hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport, tout semble se passer comme si les gains de temps qui sont dégagés par les nouvelles vitesses plus rapides sont directement réinvestis en transport pour accroître les distances parcourues.

Par ailleurs, cet effet des vitesses sur les distances parcourues est observé malgré le non-respect de la stabilité des temps de transport. En effet, Prendergast et Williams (1981) font apparaître la croissance du budget-temps de transport du mode le plus lent au mode le plus rapide. Ainsi, l'accès aux modes rapides conduit à parcourir de plus grandes distances, mais

les auteurs identifient clairement l'effet positif de la disponibilité d'une voiture sur le budget-temps de transport.

Enfin, des ajustements des comportements de mobilité au niveau des horaires de déplacement sont aussi attendus, notamment dans le but d'éviter les horaires de pointe (Hamed et Mannering, 1993 ; Ma et Goulias, 1998). Ou encore, l'optimisation de l'ensemble des déplacements quotidiens conduisant à des boucles de déplacements de plus en plus complexes semble permettre le maintien du budget-temps de transport.

2. L'ajustement par les programmes d'activités

La compétition entre les activités pour la ressource rare du temps est un processus clé de la compréhension du comportement de mobilité. Les contraintes qui pèsent sur l'individu doivent être prises en considération afin de rendre compte de ses priorités et de ses choix. Il est nécessaire de mettre au même niveau les dépenses, le temps, la durée des activités et les contraintes temporelles pour comprendre les choix de transport.

Les contraintes sur les activités sont :

- liées aux localisations : elles doivent avoir lieu en un endroit précis et accessible selon les modes de transport à disposition. Sur le long terme, les choix de localisation sont en partie régis par la question de l'accessibilité à l'ensemble des activités recherchées par les individus. Les localisations représentent alors à la fois une contrainte, à court terme, et l'expression d'une orientation des choix de participation aux activités.
- liées au temps : elles doivent s'inscrire dans le programme d'activités de 24 h et certaines doivent avoir lieu à un moment précis, éventuellement concordant avec l'emploi du temps d'autres personnes.

Il semble alors naturel d'observer une corrélation positive entre le temps de transport et la durée d'activité à destination (Hamed et Mannering, 1993 ; Kitamura et al., 1992, 1998 ; Goulias et al., 1998 ; Levinson, 1999). Etant donnée la concurrence pour le temps entre les activités et le transport, cette corrélation peut s'expliquer par le fait que le temps de transport est un coût de l'engagement d'une activité. Ce coût doit être compensé par l'utilité du temps consacré à une activité. En conséquence, un temps d'activité long pourra compenser un temps de transport long. De plus, il paraît raisonnable de supposer que l'utilité d'une activité est croissante avec sa durée et que les chances de trouver une activité ou une destination plus

attractive sont croissantes avec la distance parcourue. Les activités associées à des temps de transport longs sont donc susceptibles d'être des activités dont l'utilité nette du transport est supérieure à celles des autres activités. Ainsi à temps de transport égal, la durée des activités renseigne sur la valorisation du temps consacré à chaque activité. Pour un temps de transport long, une activité courte révélera sa forte valorisation ou la forte contrainte de sa réalisation.

Un processus d'adaptation des programmes d'activités découle alors directement de cette gestion des temps de transport et d'activité. L'allongement de la durée de transport d'une activité fortement contrainte ou valorisée, telle que le travail, résultera en la réduction du temps disponible pour les autres activités et le transport associé. Les activités obligatoires constituent alors des points fixes dans les programmes d'activités. Ce qui explique notamment la concentration de certaines études sur le temps de trajet domicile-travail. Pour assurer la stabilité du budget-temps de transport, les activités seront déterminées en fonction du temps de transport restant et de la valorisation du temps qui leur sera consacré.

A l'inverse, si le temps de transport associé aux activités obligatoires est réduit, de nouvelles activités vont apparaître dans les emplois du temps, par ordre de valorisation. Etant donné les gains de vitesse observés, les temps de transport au travail ont pu être réduits et logiquement les activités de loisir sont les plus susceptibles d'apparaître. La part du temps de transport pour le loisir augmente alors dans la composition du budget-temps de transport.

L'observation de Schafer (2000), selon laquelle, le motif loisir est associé aux temps de transport les plus élevés, alors que le motif travail est associé aux temps de transport les plus faibles semble indiquer un ordre de préférence entre les activités. Et ce d'autant plus que ces temps de transport par motif hors-travail sont relativement stables quelle que soit la distance parcourue. Quant à elle, la croissance du temps de transport pour le travail et l'éducation avec la distance semble indiquer que le temps de trajet pour le travail est, à court terme contraint par les localisations.

3. L'ajustement par les localisations

A court terme, le lieu des activités hors-travail peut être modifié pour respecter la stabilité du budget-temps de transport, soit par un rapprochement ou un éloignement des lieux d'activité. La fréquentation de lieux plus proches du domicile peut compenser la hausse du temps de transport d'autres activités. A l'inverse, avec une relâche de la contrainte temporelle

par les vitesses accrues, l'espace-temps des activités accessibles s'étend, les lieux d'activité peuvent s'éloigner en maintenant le budget-temps de transport stable. Ainsi, étant donnée la localisation résidentielle et le lieu de travail, fixés à court terme, l'ajustement en termes de localisations est réalisé sur les activités hors-travail. Il en résulte une certaine stabilité des temps de trajet pour les différents motifs hors-travail par rapport aux distances parcourues. Et le temps de trajet pour le travail est directement dépendant du choix de localisation résidentielle.

A plus long terme, le respect de la constance peut devenir la motivation de la mobilité résidentielle lorsque la durée du déplacement vers le lieu de travail excède un certain seuil. Ce mécanisme de relocalisation rationnelle est notamment identifié par Levinson et Kumar (1995) dans les villes de Washington et les Twin-Cities, où les localisations semblent converger vers les axes rapides de circulation. En parallèle, sur le long terme, une amélioration généralisée des vitesses est constatée. La mobilité résidentielle ne répond donc pas à une hausse du temps de trajet pour le travail, mais à un élargissement de l'espace des localisations résidentielles potentielles. Dans le choix de localisation résidentielle, un arbitrage est réalisé entre le temps d'accès au lieu de travail et les activités accessibles étant donné le temps de transport restant ou acceptable. Selon la qualité des activités proches du domicile, la mobilité domicile-travail peut être la variable d'ajustement en réponse à une modification des localisations contraintes. Ainsi, un changement de lieu de travail ne provoquera pas un déménagement, mais de nouveaux déplacements. La mobilité quotidienne bénéficiant de vitesses plus rapides se substitue à la mobilité résidentielle (Kaufmann, 1999).

Enfin, l'analyse des choix de localisations résidentielles et de choix de transport fait clairement apparaître l'arbitrage des ménages entre les dépenses monétaires de logement et les dépenses de transport (Pollachini et Orfeuil, 1999). En définitive, la gestion du temps de la mobilité est conditionnée dans le long terme par le choix de localisation résidentielle. Ce dernier met en concurrence les coûts de logement, les coûts de la mobilité des activités obligatoires et contraintes dans leur localisation et la valorisation des activités discrétionnaires accessibles étant donnés les budgets de mobilité restants.

III. Le réinvestissement des gains de temps

Comme nous l'avons évoqué, la constance du budget-temps de transport impose le réinvestissement complet des gains de temps en transport supplémentaire. Ainsi, toute amélioration de la vitesse des déplacements se traduira par une augmentation des distances parcourues. L'observation de la croissance des vitesses parallèle à la hausse des distances parcourues et à la stabilité des temps de transport attribue alors toute la responsabilité de l'étalement urbain, de la mutation des centres-villes et de la dépendance automobile à la vitesse accessible.

1. La croissance de la mobilité et la croissance des vitesses

La constance dans le temps du budget-temps de transport est un indicateur du couplage entre la croissance économique et la croissance des transports. Alors que les individus semblent avoir, de tout temps, consacré une heure de leur temps à leurs déplacements, la portée de leur mobilité s'est considérablement étendue. Ceci n'est possible que par la généralisation d'une vitesse améliorée. Cette dernière provient, de façon générale, de la croissance économique qui a permis, d'une part, le financement des innovations technologiques et des infrastructures et d'autre part, la croissance des revenus de la population nécessaire à l'accès à ces nouvelles vitesses. C'est donc la relaxe des contraintes qui pèsent sur les conditions de mobilité qui permet l'explosion des distances parcourues.

Le tableau 2-4 indique les taux de croissance sur la période 1960 à 1999, du revenu disponible brut, de la consommation des ménages, et des différents postes de transport. En tant qu'indicateur de la croissance économique, le revenu disponible brut et la consommation des ménages, caractérisés par une croissance persistante sur toute la période, révèlent l'importance de la croissance économique. En parallèle, les postes de transports urbains, ferroviaires et aériens, ainsi que les achats d'automobiles et de carburants suivent une croissance de forte ampleur.

tableau 2-4 : Taux de croissance annuel en volume d'indicateurs de la consommation des ménages entre 1960 et 1999

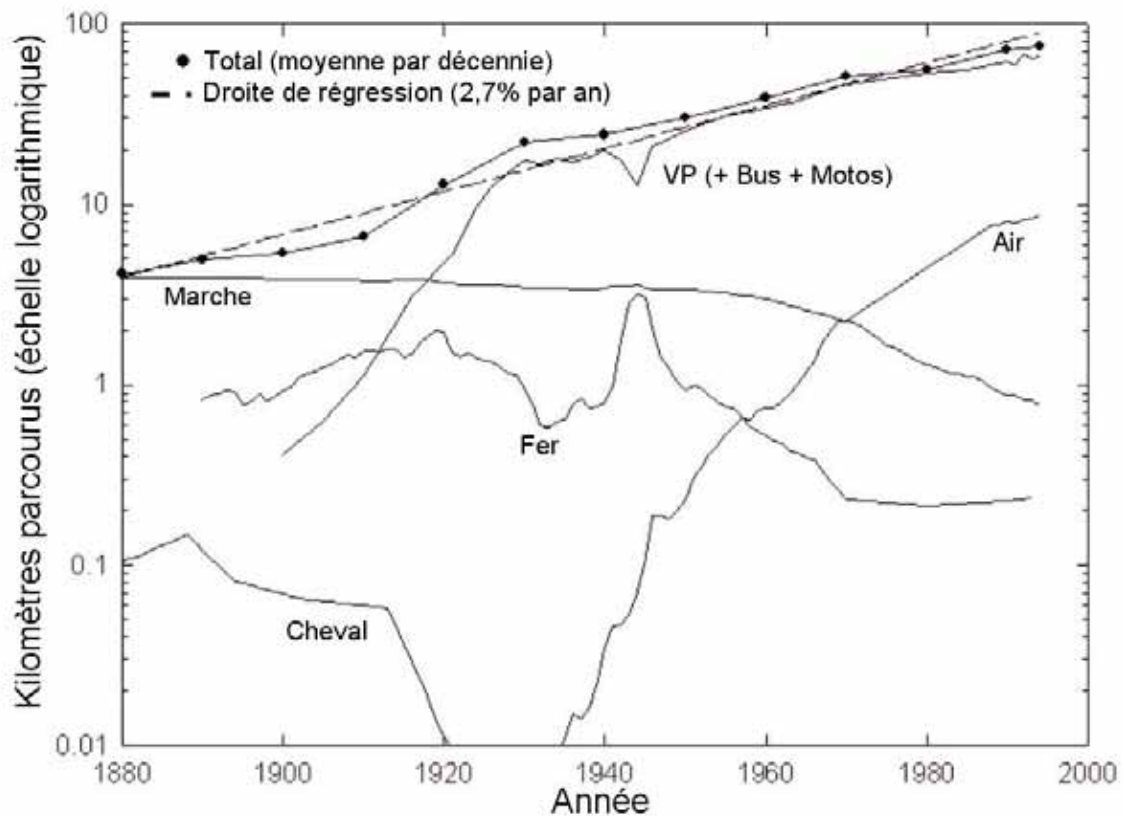
	1960-1973	1973-1985	1985-1999
Revenu Disponible Brut	+5,8%	+2,9%	+2,3%
Consommation des ménages	+5,4%	+2,2%	+2,1%
Achats d'automobiles	+11,2%	+2,9%	+2,6%
Achats de carburants	+10,0%	+1,2%	+1,1%
Transports urbains	+0,3%	+2,1%	+0,9%
Transports ferroviaires	+2,3%	+2,6%	+0,4%
Transports aériens	+9,5%	+7,6%	+4,9%
Télécommunications	+11%	+17,4%	+5,6%
Dépenses pour le logement	+6,6%	+4,7%	+3,0%

Source : Orfeuil, (2000)

Les postes de transports qui bénéficient des plus fortes croissances sont les transports les plus rapides. En effet, sur la période les achats automobiles et le transport aérien sont caractérisés par un essor de plus grande ampleur que les autres modes. Cette période est marquée par la généralisation de l'usage de l'automobile en France.

Une vision plus générale du cycle de vie des différents modes de transport est apportée par Ausubel et al. (1998). Les auteurs comparent les distances parcourues par personne, par jour, pour chaque mode de transport, depuis 1880 aux Etats-Unis (figure 2-2). La mobilité totale est croissante sur toute la période. Il faut noter que cette croissance, apparaissant sous la forme linéaire dans l'échelle logarithmique utilisée ici, est, en volume, une croissance de type exponentielle. Le déclin des modes hippomobiles, ferroviaires et pédestres est apparent. A l'inverse, les modes de transport, tels que l'automobile, le bus, les deux roues et l'aérien, connaissent une forte croissance. Globalement la mobilité manifeste une croissance annuelle de 2,7 %. Ce qui correspond à un doublement tous les quarts de siècle. Nous pouvons constater que les distances parcourues à pied au début du siècle (5 km) correspondent à la distance parcourue en une heure à la vitesse pédestre. De la même façon, les distances parcourues en automobile reflètent ce raisonnement. Avec une vitesse moyenne de 35 à 40 km/h, pour les premières automobiles, les distances parcourues en une heure sont d'une quarantaine de kilomètres.

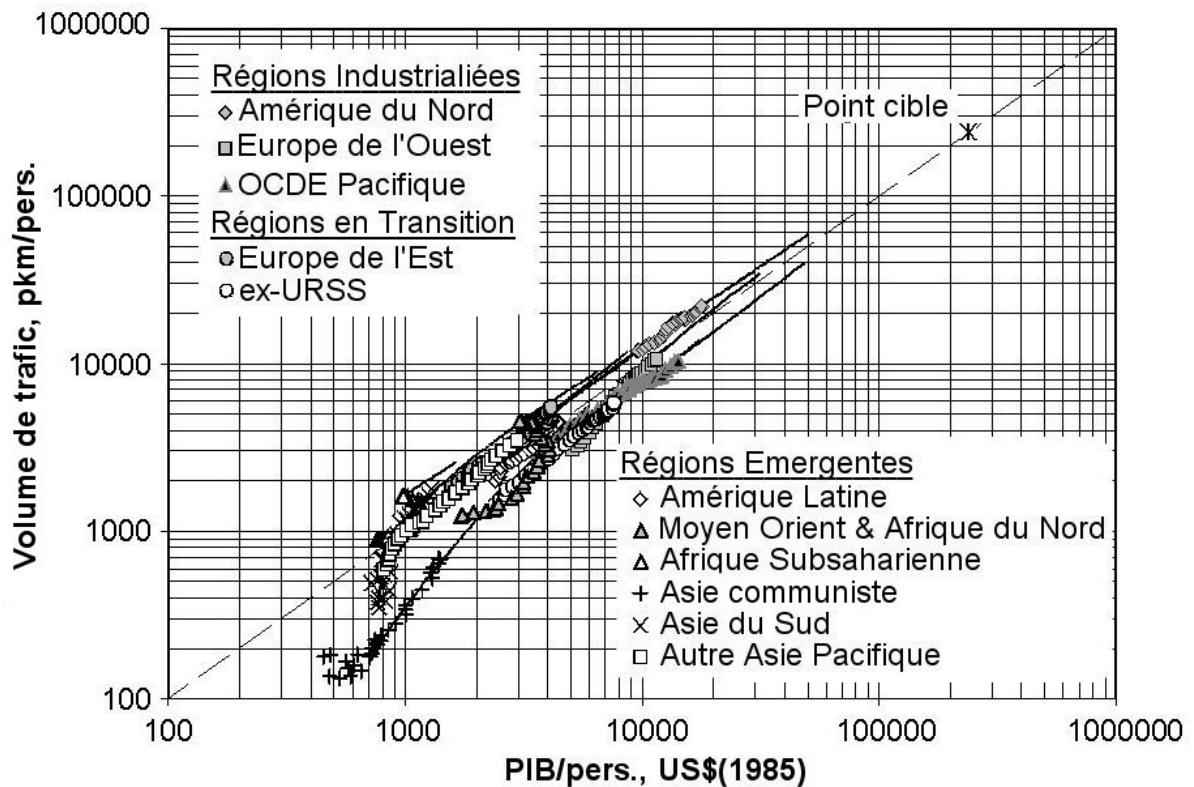
figure 2-2 : Evolution des distances quotidiennes parcourues par personne selon le mode de transport depuis 1880 aux Etats-Unis



Source : Ausubel et al., (1998)

Enfin, à un niveau plus agrégé, Schafer et Victor (2000) ont réalisé une projection de la mobilité mondiale. Pour les 11 régions du monde de la figure 2-3, la mobilité observée sur la période 1960-1990 a été projetée pour 2050 selon la cible (*target point*). Cette cible de 100000 km par an par personne est définie par les tendances actuelles en termes de croissance des vitesses et de croissance économique et sous l'hypothèse de constance des budgets-temps de transport. Le graphique illustre l'explosion de la mobilité prévue associée à la croissance des revenus.

**figure 2-3 : Mobilité totale en passagers kilomètres par an
(données 1960 – 1990 ; tendances 1991 - 2050)**



Source : Schafer et Victor, (2000)

Le raisonnement de Schafer confère à la vitesse de déplacement la responsabilité de l'explosion du système de mobilité, tel que nous l'observons de nos jours. Sans la rupture de ce mécanisme de réinvestissement des gains de temps générés par les vitesses toujours plus rapides, la mobilité et ses retombées continueront leur croissance.

2. La dynamique temporelle de l'organisation urbaine

Comme nous le verrons de façon plus détaillée dans le chapitre 3, la structure urbaine et la mobilité sont fortement liées. Tout d'abord, la structure urbaine conditionne la répartition des activités dans la ville. D'autre part, elle détermine les conditions de déplacement. En élargissant la compréhension de leur relation dans le long terme, la mobilité affecte la structure urbaine au travers des choix de localisation des acteurs (ménages et firmes) qui sont, en partie, déterminés selon les aspirations des individus en termes de mobilité.

Marc Wiel (2000) qualifie ce mécanisme de spirale de la transformation de la ville par les nouvelles conditions de la mobilité urbaine. Sous l'effet de la réduction des coûts temporels et monétaires de la mobilité, et des efforts des politiques de mobilité et urbaine pour favoriser le développement de l'automobile, les acteurs de la ville bénéficient d'une meilleure accessibilité aux zones d'activités et aux zones résidentielles. Le développement des vitesses a permis d'étendre la portée des déplacements des individus sans dépasser les budgets de transport. L'étalement urbain serait alors la résultante d'un goût des individus pour la périphérie des villes, qui, jusqu'à présent a été contraint par les budgets de transport. Parallèlement, la généralisation de l'usage de la voiture particulière crée les périphéries, mais transforme aussi les centres-villes. Ainsi, sous la pression de la croissance du trafic automobile, les centres-villes ont été adaptés pour faciliter la mobilité. Cependant, la suprématie de l'automobile dans les centres-villes est accompagnée d'un certain nombre de nuisances. Ainsi, les embouteillages, les nuisances sonores, la pollution atmosphérique, le morcellement des quartiers par les trafics s'intensifient à mesure que le flux automobile s'accroît.