UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

ÉCOLE DOCTORALE « LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS »

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

GÉOGRAPHIE

MODÉLISATION DES CHOIX D'ITINÉRAIRES PÉDESTRES EN MILIEU URBAIN

APPROCHE GÉOGRAPHIQUE ET PAYSAGÈRE

Présentée et soutenue publiquement par

Arnaud PIOMBINI

Le 1er décembre 2006

Sous la direction de M. Thierry BROSSARD,
directeur de recherche au CNRS

Membres du Jury :

Thierry BROSSARD, Directeur de recherche au CNRS, université de Franche-Comté
Jean-Christophe FOLTÊTE, Maître de conférences à l'université de Franche-Comté
Pierre FRANKHAUSER, Professeur à l'université de Franche-Comté
Anne GRENIER, Ingénieur de recherche ADEME, docteur en urbanisme, Nice
Sylvain LASSARRE, Directeur de recherche à l'INRETS, Champs-sur-Marne
Philippe MATHIS, Professeur à l'université de Tours

à la mémoire de mes grands-parents

Remerciements

A monsieur Jean-Christophe Foltête, pour avoir rendu cette thèse possible, pour l'apprentissage du métier de chercheur, pour les programmes, les idées, les conseils, tous plus précieux les uns que les autres, pour la relecture minutieuse… pour l'aide quotidienne au cours de ces quatre dernières années, et pour l'amitié, aussi et surtout.

A monsieur Thierry Brossard, qui a assuré la direction de cette thèse dont le sujet ne fait pourtant pas partie de ses axes de recherche principaux. Pour sa confiance et ses conseils avertis qui m'ont évités certains faux pas.

A monsieur Pierre Frankhauser, pour avoir accepter la présidence de mon jury.

A messieurs Sylvain Lassarre et Philippe Mathis, qui me font l'honneur d'être les rapporteurs de mon travail.

A madame Anne Grenier, qui a accepté de faire partie de ce jury.

*****

A la région de Franche-Comté et à l'ADEME, pour le soutien qu'ils accordent aux jeunes chercheurs en général… et pour mon allocation de thèse en particulier !

*****

A Florian Tolle, pour ces années de thèse partagées, son aide lors de l'escapade lilloise, son goût du risque et les innombrables parties de basket disputées... Ces années n'auraient vraiment pas eu la même saveur sans toi Florian !

A Frédéric Audard, pour le soutien mutuel que nous nous sommes témoignés lors de cette course finale, sans carapace cette fois… salut Fred…

A Lucie Fontaine et Catherine Caille, pour les liens créés, riches et pérennes.

Aux différentes générations d'étudiants qui se sont succédées au sein du pôle paysage du laboratoire ThéMA, et notamment :

- Sébastien avec qui j'ai partagé la quasi-totalité de mon cursus universitaire,
- JB et sa passion pour le volcanisme, notamment de type points chauds ;
- Thomas, qui a toujours été présent, à plus ou moins 100 km,
- Mehdi pour son travail précieux sur la base de données "marche à pied",
- Bertrand pour son humanité,
- Laetitia pour l'enquête terrain bisontine.

A tous les thésards du laboratoire ThéMA, "*avec qui mes rapports furent aussi divers qu'enrichissants*".

A François-Pierre Tourneux, pour les blagues échangées sur des thèmes dont, je crois, nous partageons l'intérêt.

A Cécile, pour ses suggestions de lectures, mais aussi Hélène, Gilles, Jérôme, Céline, Amélie et Sébastien.

A Aurélie, bibliothécaire du labo, pour sa relecture bibliographique de dernière minute et sa compréhension pour les (rares) retards que j'ai pu accuser.

A Monsieur Daniel Mathieu, pour une entrevue chevelue dont nous nous souvenons et qui modifia mon itinéraire personnel.

Et, plus généralement, aux membres du laboratoire ThéMA, administratifs et enseignants, pour leur dynamisme et leur sympathie.

*****

A ma mère, pour son soutien continuel et pour l'exemple qu'elle représente à mes yeux.

A mon père, pour la confiance qu'il a toujours su m'accorder.

A ma famille et notamment Guette, mes amis et spécialement Benoît, compagnon estudiantin de la première heure.

A Olivier, pour sa relecture azerty et à Brice pour son aide anglophonesque.

Enfin et surtout à Sandrine… de concert nous avons fini nos thèses respectives… puisse la symphonie continuer encore longtemps…

Avant-propos

Cette thèse a fait l'objet d'une allocation de recherche financée par l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie et le conseil régional de Franche-Comté.

Par ailleurs, les données sur la marche à pied ont été acquises dans le cadre du programme de recherche "Structures urbaines, offre de transport et comportement de mobilité" de l'ACI Ville du ministère de l'Education, de la Recherche et de la Technologie.

Ces pas, les supposez-vous capables de les faire ? En ont-ils le temps seulement ? En ont-ils le cœur ? [...] Pour moi, je l'avoue, ces pas sont tout. Où vont-ils voilà la véritable question. Ils finiront bien par dessiner une route et sur cette route, qui sait si n'apparaîtra pas le moyen de désenchaîner ceux qui n'ont pu suivre ?

Nadja
André Breton

Parfois il me suffit d'une échappée qui s'ouvre au beau milieu d'un paysage incongru, de l'apparition de lumières dans la brume, de la conversation de deux passants qui se rencontrent dans la foule, pour penser qu'en partant de là, je pourrai assembler pièce à pièce la ville parfaite, composée de fragments jusqu'ici mélangés au reste, d'instants séparés par des intervalles, de signes que l'un fait et dont on ne sait pas qui les reçoit. Si je te dis que la ville à laquelle tend mon voyage est discontinue dans l'espace et le temps, plus ou moins marquée ici ou là, tu ne dois pas en conclure qu'on doive cesser de la chercher.

Les villes invisibles
Italo Calvino

Introduction générale

La ville est, par définition, l'expression de la proximité (Huriot, 1998) car elle favorise les interactions des personnes qui l'habitent ou la fréquentent régulièrement. Cette proximité implique une certaine capacité de déplacement de la part des individus ; c'est pourquoi elle est inégale en fonction du mode de transport considéré. A l'échelle des déplacements piétonniers, cette proximité tend progressivement à disparaître au profit de celle induite par les modes motorisés (Dubois-Taine et Chalas, 1997) qui sont les seuls capables de mobiliser toutes les potentialités de l'espace urbain. La plupart des pratiques urbaines ont abandonné le périmètre du quartier d'habitat et les citadins fréquentent désormais des lieux disséminés dans toute l'aire urbaine. A ce sujet, une image est couramment employée : l'espace vécu n'est plus une île mais un archipel car les territoires consommés sont toujours plus étendus et éloignés du domicile. Des centralités multiples ont émergé, disjointes dans l'espace et qui sont essentiellement accessibles en automobile ; cette nouvelle réalité urbaine, approuvée ou critiquée, suscite le débat.

En milieu urbain, la régression de la mobilité pédestre au profit des modes de transport motorisés semble inexorable car elle trouve sa source dans cette inadéquation entre nouvelles formes urbaines et modes non motorisés. Ce constat d'une "*faillite de l'urbanité de quartier*" (Wiel, 1999), partagé par la majorité des spécialistes du milieu urbain, provoque souvent des élans nostalgiques à l'égard des villes d'autrefois. Remise au goût du jour, la préférence historique des urbanistes pour la ville compacte conduit à encourager le développement de formes urbaines faites de mixité fonctionnelle et de périurbanisation maîtrisée, favorables aux courtes distances. Toutefois, cette solution radicale est difficile à imposer à l'ensemble des acteurs urbains dont les stratégies individuelles priment souvent sur l'intérêt collectif. De façon identique, les restrictions prises à l'encontre de l'automobile, parfois très contraignantes, n'ont pas eu les effets escomptés (Wiel, 1999) ; elles n'ont pu, jusqu'à présent, enrayer le déclin de la marche à pied. C'est pourquoi il convient de se questionner sur les pratiques de mobilité, certaines enquêtes ayant par ailleurs prouvé que de nombreux déplacements motorisés pourraient faire l'objet d'un report modal. A notre sens, il peut donc s'avérer utile de mieux cerner les facteurs spatiaux et paysagers qui jouent globalement sur la pratique de la marche à pied, et également de comprendre plus précisément les choix individuels des personnes. De plus en plus, les habitants désirent participer à la gestion de leur ville (Paulet, 2002) tout en prenant conscience des problèmes environnementaux générés par certains comportements de mobilité. Une telle volonté témoigne de l'intérêt croissant que les citadins, davantage citoyens,

portent à leur environnement urbain et il semble souhaitable de profiter de cette dynamique relativement récente. Les politiques incitatives peuvent, dans ce contexte, compléter les actions de restriction de la circulation motorisée.

La marche à pied au centre des préoccupations

Notre recherche a donc pour objectif de replacer la marche à pied au cœur de la problématique des transports urbains. En effet, le débat ne peut rester centré sur une opposition manichéenne entre transport public et automobile (Carré, 2000). Dans les villes actuelles, la perception et l'usage de l'espace se caractérisent par de très fortes coupures. Par les fortes relations qu'elle instaure entre les piétons et leur environnement, la marche à pied maintient au contraire une certaine homogénéité spatiale, reliant des territoires urbains parfois très opposés et créant des liens entre les différents quartiers. Alors qu'en terme de proximité spatiale, l'automobile est déstructurante, la marche agit en faveur d'une certaine cohésion. Bien entendu, il n'est pas question d'adopter une vision passéiste prônant uniquement l'usage des modes de transport non motorisés. Nous préférons plutôt nous positionner, à la suite de nombreux auteurs, dans une démarche réfutant la fatalité d'un développement tout automobile et prônant la réappropriation des trajets de courte distance par les piétons.

Pour cela, il faut que la ville s'ajuste aux besoins spatiaux des citadins ; l'espace produit doit être davantage en cohérence avec les attentes des piétons. Mais les acteurs de la ville ne connaissent pas forcément de manière précise ces attentes (Cauvin, 1999) et il existe souvent un décalage entre les aménagements créés et le ressenti des citadins. Empiriquement, les gestionnaires des villes présument que certains types d'aménagements favoriseront la marche à pied mais sans se référer à des relations clairement démontrées et scientifiquement analysées.

Dans le but de contribuer à cette connaissance, nous proposons d'adopter une approche visant à comprendre les comportements des piétons en fonction de leurs pratiques spatiales. Selon nous, ces pratiques traduisent concrètement les préférences de chaque citadin. L'objectif principal de notre travail consiste donc à comparer l'espace structurel, a priori disponible pour chaque individu, à l'espace fonctionnel, qui correspond aux rues effectivement pratiquées, empruntées. Il s'agit en quelque sorte de "faire confiance" aux expériences individuelles car les citadins sont des experts, sinon de leur ville, du moins des espaces qu'ils fréquentent régulièrement. Cette force de l'usage conduit à effectuer des choix en adéquation avec les préférences qui, si elles sont identifiées et prises en compte concrètement, seront aptes à fournir une plus-value pour ceux qui vivent quotidiennement la ville (Reymond *et al.*, 1998).

Notre démarche s'inscrit dans le thème de la mobilité urbaine, qui est au centre des questionnements actuels. Pendant longtemps, le tout automobile a agi comme un mirage, un but vers lequel les territoires urbains devaient tendre. Progressivement, cette image parfaite s'est estompée, laissant apparaître les désagréments d'un usage automobile excessif. Les gestionnaires des villes ont dû faire face à des questionnements et des critiques sur les orientations adoptées. La réaction des pouvoirs publics s'est notamment concrétisée par la mise en place des plans de déplacements urbains, outils d'aménagement devant permettre de réguler

la mobilité urbaine et, à terme, de diminuer la dépendance automobile (Dupuy, 1999). Mais cette prise de conscience politique tarde à trouver un écho favorable dans la pratique et, aujourd'hui encore, les déplacements des citadins restent très liés aux modes motorisés.

Le paysage comme déterminant des choix d'itinéraires

Ce réflexe automobile, source de nuisance pour la collectivité, a considérablement renforcé l'intérêt des travaux portant sur les modes alternatifs. Si les déplacements pédestres sont longtemps restés en marge des réflexions menées sur la mobilité urbaine, les recherches se sont multipliées ces dernières années, contribuant ainsi à faire avancer les connaissances sur ce mode de déplacement. Ainsi, les villes ne sont plus aujourd'hui considérées comme des entités devant être uniquement fonctionnelles. Les urbanistes en ont pris conscience et, à leur suite, nombre d'acteurs de la ville, ce qui a favorisé l'émergence de la dimension paysagère dans la problématique urbaine. Dans ce contexte, notre travail de thèse porte sur la relation entre paysages urbains et marche à pied. L'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie[1] et le conseil régional de Franche-Comté ont soutenu ce projet, prouvant ainsi que les préoccupations en matière de mobilité urbaine peuvent concerner des thématiques qui semblaient jusqu'ici secondaires.

Malgré des progrès notables, les planificateurs urbains prennent encore insuffisamment en compte les attentes paysagères des piétons qui sont, par définition, très sensibles à l'environnement urbain. L'urbanisme fait plutôt référence aux paysages urbains dans les opérations d'envergure, dans les espaces emblématiques et cette démarche se révèle trop ponctuelle. Pourtant, les rues sont certes des liens entre les lieux fréquentés par les citadins mais elles sont également pratiquées, vécues et comptent dans le parcours d'activité quotidien des citadins.

Notre hypothèse principale est simple et forte à la fois : les paysages jouent un rôle dans le maintien des pratiques pédestres puisqu'ils participent à la perception de l'environnement urbain par chaque citadin. Ainsi, l'optimisation des paysages appréciés par les piétons pourrait encourager le choix modal de la marche à pied.

Choix méthodologiques pour l'étude de la mobilité pédestre

Plutôt que de questionner directement les piétons sur leur ressenti des paysages, nous avons choisi de nous pencher sur leurs préférences, exprimées à travers les choix d'itinéraires. En effet, ces choix ne sont ni complètement rationnels, ni aléatoires et nous partons de l'hypothèse que les ambiances visuelles participent à l'organisation des déplacements. C'est autour de cette hypothèse que gravitent nos questionnements sur les rapports entre les paysages visibles des lieux et leur utilisation comme cadre de déplacement. Plus précisément, nous chercherons à vérifier s'il existe des paysages aptes à favoriser les pratiques pédestres. En effet, "*ce sont ces images collectives, exprimant l'accord d'un nombre significatif de personnes, qui intéressent*

[1] - ADEME.

les urbanistes dont l'ambition est de modeler un environnement destiné à être utilisé par beaucoup de gens" (Lynch, 1969). A terme, l'objectif est donc de faire du paysage un outil privilégié des aménageurs, pour redynamiser la mobilité pédestre. Ainsi, "*la scénographie urbaine, en plein développement, joue le rôle de l'emballage [...] L'esthétique devient une composante de base d'un nouveau style*" (Ascher, 1995b).

Notre objectif est de vérifier que les paysages jouent un rôle dans la détermination des itinéraires piétonniers. Cette hypothèse a déjà fondé certaines recherches focalisées sur les facteurs perceptifs qui expliquent le comportement des piétons. Le niveau d'analyse choisi ici, à la fois assez large pour couvrir des zones significatives du territoire urbain, et suffisamment précis pour permettre d'aborder les pratiques individuelles, constitue le trait le plus spécifique de notre contribution.

La crise des transports urbains liée au tout automobile a initié un basculement des objectifs de planification urbaine. Les méthodes employées ont accompagné ces changements et les travaux sur le choix modal et les comportements de mobilité sont devenus courants. De nombreuses recherches ont montré la possibilité d'acquérir des données fines sur les déplacements piétonniers (Hill, 1983 ; Carré et Julien, 2000 ; Guérin-Pace, 2003). Nous avons pu suivre cette voie en utilisant des données sur des itinéraires en marche à pied qui avaient été recueillies lors d'un programme Action Concertée Incitative "Ville" (Foltête *et al.*, 2002) mené au sein du laboratoire ThéMA. Besançon et Lille sont les deux villes pour lesquelles ces données étaient disponibles et ont donc été choisies comme terrain d'étude. Parallèlement, nous avons effectué une enquête spécifique permettant de caractériser les paysages urbains. C'est à partir de ces deux bases de données, que nous avons étudié les choix individuels pour faire émerger des préférences communes dans les pratiques des citadins. Pour cela, des analyses essentiellement désagrégées ont été menées, se nourrissant des apports de disciplines diverses comme l'urbanisme, l'architecture, l'économie et la psychologie. Pour comprendre les choix individuels, diverses approches modélisatrices, basées sur plusieurs hypothèses, ont porté sur les choix d'itinéraires inscrits dans l'espace. Nous avons ainsi conjuguer ces apports et, en retour, utiliser nos compétences de géographe afin de traiter spatialement l'information disponible. Notre démarche, largement basée sur la programmation, nous a conféré liberté et autonomie pour réaliser de nombreuses expérimentations.

Emboîter le pas aux piétons

L'itinéraire choisi passe par trois grandes étapes qui permettent de suivre précisément le chemin menant vers une meilleure connaissance des déplacements pédestres. Après avoir problématiser la place de la marche à pied en ville, nous rappelons qu'un certain nombre de théories et de modèles peuvent être employés pour analyser les déplacements pédestres. Ce sont ces formalismes que nous utilisons par la suite, ce qui implique de revenir plus précisément sur notre manière de les appliquer.

La première étape nous permet de détailler le cadre dans lequel les piétons évoluent : une ville de l'automobile qui s'étale, se sectorise et affaiblit la position des modes non motorisés. Les

comportements de mobilité évoluent en conséquence et entretiennent ce mouvement défavorable pour former un cercle vicieux qu'il semble difficile de briser. Mais cette partie est aussi l'occasion de montrer l'insuffisante prise en compte de la spécificité de la mobilité pédestre. Nous œuvrons ainsi pour une introduction des paysages urbains dans les questionnements en posant l'hypothèse qu'ils peuvent contribuer à redynamiser la marche à pied.

Dans la deuxième partie, nous présentons les données utilisées et le mode de recueil choisi dans nos deux aires d'étude. Nous traçons également les grandes lignes qui serviront de base à nos analyses futures. Pour cela, plusieurs disciplines sont évoquées. Les apports des économistes et des psychologues dans le domaine de la modélisation du choix sont détaillés. Nous faisons également référence aux architectes, urbanistes et géographes pour la description de la mobilité et du rapport aux lieux, supports des déplacements, qu'ils formalisent. Cela nous permet de formaliser de manière théorique et méthodologique les questionnements sur les déplacements pédestres.

Pour finir, nous présentons les techniques employées et les résultats obtenus, partant d'une vision d'ensemble et affinant progressivement les analyses. Toutes s'articulent autour d'un fil conducteur paysager que nous déroulons progressivement. Nous mettons ainsi en évidence la variété des analyses qui peuvent être conduites et qui permettent d'affiner les connaissances relatives aux pratiques pédestres. Au final, une synthèse des résultats est présentée afin de mettre en évidence l'influence des paysages sur la marche à pied.

PREMIÈRE PARTIE

CONTEXTE ET ENJEU DE LA RECHERCHE :

LA PLACE DE LA MARCHE À PIED EN VILLE

Introduction de la première partie

L'automobile et son cortège de désagréments suscitent des questionnements qui ne sont pas récents mais qui se sont particulièrement intensifiés ces dernières années. Les citadins sont devenus plus attentifs à leur qualité de vie ce qui, avec le relais des médias, a contribué à l'émergence de questionnement sur la mobilité motorisée urbaine. Aujourd'hui, les gestionnaires urbains des villes françaises prennent davantage en compte ces nouvelles attentes et tentent de minorer la place de l'automobile. Toutefois, l'existence d'expériences étrangères très volontaristes rappelle que nos politiques urbaines sont encore trop souvent timides sur ce sujet. En schématisant, on peut affirmer que Berne et ses places de stationnement très réduites, Amsterdam et ses vélos, Londres et son péage urbain sont la mauvaise conscience des villes françaises. Généralement, les décideurs rappellent que ces expériences ont aussi des aspects négatifs, tout en expliquant qu'elles ne sont pas facilement transposables. Mais si les gestionnaires urbains ont une part de responsabilités, les comportements individuels ne sont pas exempts de tout reproche. Les citadins se retranchent derrière la passivité des autorités ; ils déplorent la place grandissante et étouffante de l'automobile mais ne peuvent ni ne veulent se passer de ce mode de transport très efficace. Dans leur très grande majorité, les automobilistes restent prêts à défendre leur "pré carré de bitume" dès que le besoin s'en fait sentir. Pourtant, l'automobile en ville n'est pas un problème insoluble. Outre l'instauration de politiques plus volontaristes, il devient nécessaire de développer des méthodes plus incitatives, moins restrictives. Sans verser dans l'optimisme béat, nous pensons qu'il est possible de favoriser la mobilité pédestre en valorisant les ambiances urbaines.

Le premier chapitre sera consacré à la description de la ville actuelle, qui s'étale et perd de sa mixité. Urbanisation et mobilité vont de pair et l'automobile est devenue l'élément central du fonctionnement des villes. Dans ce contexte, la marche à pied semble condamnée et réduite à un rôle secondaire. Ce constat est d'autant plus préoccupant que les héritages des politiques passées et les logiques économiques actuelles sont favorables à l'hypermobilité. Des facteurs d'optimisme subsistent pourtant : la proximité et les aménités qu'elle induit n'ont pas complètement disparu des espaces urbanisés.

Le deuxième chapitre est abordé sous la forme d'un questionnement sur la place de la mobilité pédestre. La marche à pied ne peut pas systématiquement concurrencer les modes de transport motorisés, mais elle est anormalement délaissée. Cela nous conduit à nous questionner sur les attentes des piétons, qui par nature perçoivent leur environnement avec beaucoup d'acuité.

Nous évoquons ainsi la nécessité d'un élargissement des thématiques de recherche sur la mobilité pédestre.

Le troisième chapitre nous sert de tribune pour mettre en avant une intégration des paysages urbains dans les problématiques de la mobilité pédestre. Convaincu que l'environnement urbain est obligatoirement évalué, positivement ou négativement (Moles et Rohmer, 1982), nous rappelons qu'une attention particulière doit être portée aux stimuli visuels. C'est à ce prix qu'une approche plus compréhensive de la marche à pied sera possible.

Chapitre 1

La ville recomposée

Etudier les pratiques de mobilité pédestre en milieu urbain impose de détailler quelque peu les modifications récentes qui ont affecté les villes. Si les espaces urbains résultent d'une longue évolution, un événement a, plus que tout autre, imprimé sa marque. En effet, l'usage généralisé des véhicules motorisés[2], en influençant les politiques d'aménagement urbain et les stratégies des acteurs individuels et économiques, a entraîné une recomposition urbaine particulièrement défavorable à la marche à pied. L'étalement urbain et la relocalisation sélective des activités montrent que l'automobile a agi comme un catalyseur, un facteur déclenchant. Il n'est donc pas possible d'analyser les déplacements sans faire référence à l'organisation urbaine dans un sens plus large. Les localisations et les déplacements se répondent continuellement pour faire la ville, c'est pourquoi nous décrirons ce contexte de périurbanisation et de dissociation fonctionnelle de l'espace urbain. Cela permettra également d'insister sur l'utilité de la mobilité pédestre dans les villes modernes.

1. La problématique de l'étalement urbain

La ville actuelle, périurbaine, aux contours flous et en extension rapide a remplacé la ville d'hier, dense, centripète et dans laquelle les distances s'évaluaient en distance métrique. Fortement liée aux nouvelles capacités de déplacements, elle est actuellement la cible de nombreuses critiques à cause des désavantages qu'elle génère pour la société.

[2] - Phénomène qui s'est diffusé en Europe durant les années 60-70 et que les chercheurs du MIT (Massachusetts Institute of Technology) ont qualifié "d'européanisation de la révolution automobile mondiale".

1.1. La révolution des villes

Longtemps circonscrite, la ville a profité de la révolution industrielle et de son exode rural pour prendre ses aises et franchir définitivement le mur d'enceinte qui l'a précisément délimitée pendant des siècles. Cette révolution fut donc aussi celle des villes. L'explosion démographique ainsi générée a inéluctablement entraîné un étalement urbain qui ne s'est jamais démenti et qui perdure encore aujourd'hui. Mais à cette époque, la ville n'était encore qu'un essaim de "villages" juxtaposés qui n'entretenaient, en termes de mouvements de population, que très peu de rapport entre eux. Il fallut attendre l'essor et la généralisation de l'automobile pour que les villes toujours plus étendues se mettent véritablement en mouvement. Et ce n'est que dans les années 1960-1970 que la France a connu un *"double mouvement convergent d'urbanisation et de motorisation"* (Godard, 2001). M. Wiel (1999) qualifie cette transformation de la ville sous l'effet de la mobilité facilitée de "*transition urbaine*" (figure 1).

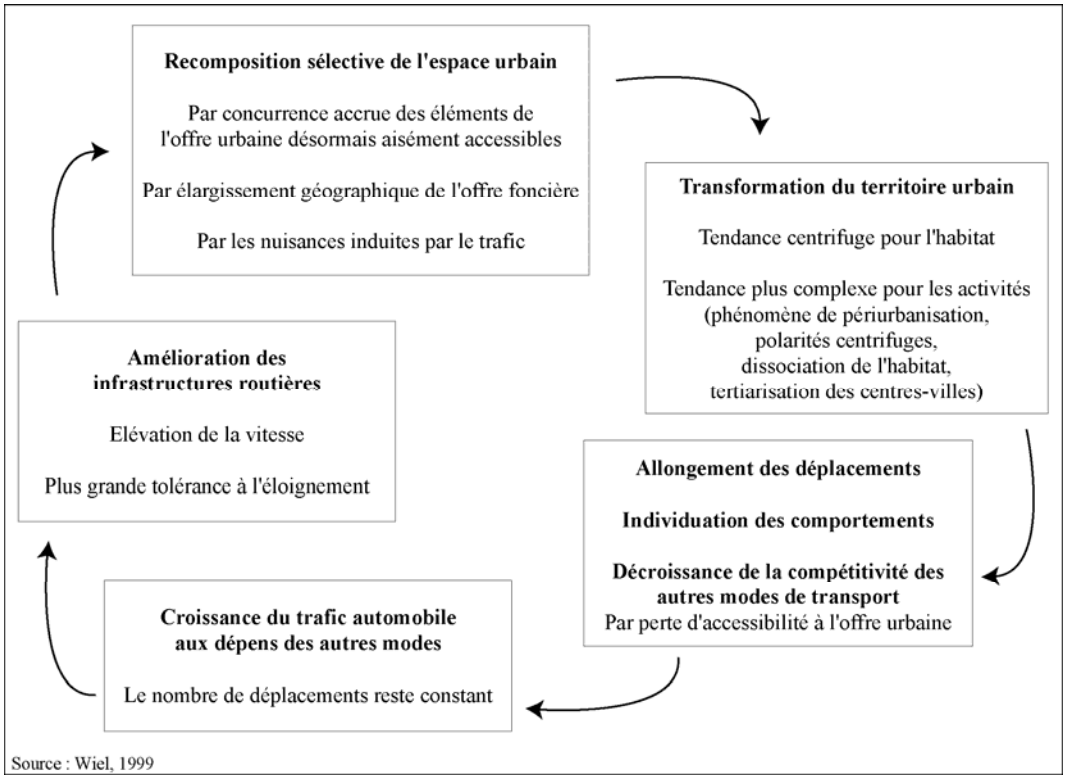


Figure 1 : Spirale de la transformation de la ville par les nouvelles conditions de la mobilité urbaine

Diverses dynamiques nourrissent ce phénomène mais elles ont comme point commun de générer un étalement urbain. Les déplacements sont dépendants de l'agencement urbain, c'est-à-dire des densités et des localisations spatiales et fonctionnelles (Orfeuil, 2000 ; Wiel, 2002). L'allongement des déplacements quotidiens, par exemple, ne peut être dissocié de l'étalement urbain (Ascher, 1995a). Inversement, les modes de transport, principalement l'automobile, influent sur les localisations et les densités en fonction des spécificités du réseau. Nous sommes donc en présence d'un système qui s'auto-entretient, notamment grâce à une

modification des comportements de mobilité. C'est l'avènement d'une ville faite par et pour les grandes infrastructures de transport, la "*ville émergente*" selon l'expression de G. Dubois-Taine et Y. Chalas (1997), avec pour conséquence la plus visible une urbanisation galopante dans les franges des villes.

1.2. Le nouvel âge de la ville

Les progrès des transports ont contribué à modeler les formes urbaines que nous connaissons aujourd'hui (tableau 1). Avec l'amélioration des conditions de mobilité, les villes ont changé de morphologie, passant successivement par trois âges distincts (Dupuy, 1995 ; Kaufmann, 2000 ; Wiel, 1999, 2002 ; Newman et Kenworthy, 1996) :

- la ville pédestre, caractérisée par une proximité obligatoire, très dense ;
- la ville radiale, transformée par l'avènement des transports en commun. L'urbanisation se fait, selon l'image couramment employée, en "doigt de gants", le long des lignes de transports et plus spécialement de chemin de fer. Ce sont les stations desservies qui attirent principalement la croissance résidentielle, on commence dès lors à parler de territoire suburbain ;
- la ville automobile, peuplée de citadins plus rapides, plus flexibles, moins contraints. La qualité du réseau urbain et périurbain, en constante progression, permet de renouer avec une certaine forme d'isotropie. Tout l'espace est à nouveau occupé, les limites de la ville sont repoussées, le périurbain est colonisé, la ville s'étale car l'espace, beaucoup moins rare, a une valeur moindre. Cette périurbanisation extensive fait naturellement penser au modèle des villes américaines, plus récentes, et qui se développent au rythme des modes de transport modernes. Naturellement, cet âge est lié à la formidable diffusion de l'automobile dont le nombre a cru de manière exponentielle depuis le début des années 50[3]. Ce tout motorisé est à mettre en parallèle avec la faible croissance relative du budget alloué à l'automobile par les ménages français jusque dans le milieu des années 90 (Orfeuil, 2000).

Ces trois villes coexistent aujourd'hui encore et leur mode de fonctionnement s'oppose au sein de l'espace urbain. Mais la ville motorisée imprime plus que toute autre sa marque par l'ampleur des modifications qu'elle induit. Pour preuve, la troisième étape semble progressivement s'effacer au profit d'un quatrième âge, celui de l'avènement de la périurbanisation. La ville centre garde son caractère plus ou moins isotrope, mais si l'on considère l'agglomération dans son ensemble, on assiste en définitive à une résurgence de la ville radiale. Les dynamiques et la forme de la ville ne sont plus les mêmes mais on peut établir une comparaison entre ces deux phases. L'automobile a remplacé les transports en commun et les gares ont fait place aux villages périphériques, autrefois ruraux, transformés en bourgs dynamiques qui captent les nouveaux citadins ; l'espace périurbain est mité. La ville a de tout temps été l'expression de la proximité organisée (Huriot, 1998) mais on assiste, grâce aux

[3] - Le taux d'équipement des ménages continue a progressé fortement (+ 23 % entre 1990 et 2000).

nouvelles conditions de mobilité, à une compression de l'espace-temps et donc à l'aire de la proximité "généralisée".

	Ville pédestre	Ville motorisée Transports collectifs	Ville motorisée Voiture particulière
Epoque	jusqu'au milieu du XIXe siècle	milieu du XIXe à milieu du XXe siècle	essentiellement depuis les années 1960-1970
Moyen de déplacement dominant	marche à pied	tramways, trains	automobile
Vitesse moyenne de déplacement	2-4 km/h	10-15 km/h	20-25 km/h
Modalités sociales de la mobilité	individuelle	collective	individuelle
Modalités temporelles des déplacements	désynchronisés	synchronisés	désynchronisés
Forme du réseau	capillaire	lignes et nœuds	capillaire
Morphologie urbaine conséquente	compacte	linéaire	fragmentée
Densité de la tache urbaine	élevée	élevée à moyenne	faible
Niveau de la pression foncière	forte	forte à moyenne	faible
Forme et niveau de la centralité	forte monocentralité en réseau maillé	forte monocentralité + centralités en chapelet	faible monocentralité + forte multicentralité

Tableau 1 : Trois époques, trois modes d'interaction entre transports, mobilité et formes urbaines (Beaucire, 2002)

1.3. L'étalement urbain

Entre 1990 et 1999, la population urbaine française est passée de 73 à 77 %. Comme c'est le cas depuis plusieurs décennies, cette croissance s'est faite très majoritairement dans les marges des agglomérations, conformément au phénomène de "rurbanisation" rendu possible par la démocratisation de l'automobile et les vitesses de déplacement induites : les citadins ont converti leur facilité de mobilité par un éloignement du centre-ville. Parallèlement, la ville compacte tend à disparaître sous l'effet de ces nouvelles pratiques (Kaufmann, 2005). Alors que dans les années 50-60 la construction d'immeubles collectifs sur le territoire communal avait permis d'accueillir le surplus de population, à partir des années 70, ce sont les maisons individuelles situées sur les communes environnantes qui ont absorbé la mobilité résidentielle (Ascher, 1995a). Les logements à moindre coût des marges urbaines ont été plébiscités car les moyens de transports ont accompagné, voire initié, la volonté des citadins de disposer d'habitations plus vastes, à la fois proches de la ville et de la nature. La population a ainsi pu accéder plus facilement à la propriété grâce aux possibilités d'un vaste marché foncier périphérique. L'augmentation du ratio prix du logement/dépense de transport a encouragé la périurbanisation car, entre 1960 et 1996, la part du budget consacré au logement a cru de 46 % contre 4,5 % pour celle dédiée à l'automobile (Orfeuil, 2002). Aujourd'hui, la tendance à la périurbanisation semble s'essouffler quelque peu, mais elle résulte davantage d'un écart de

solde naturel entre les différentes zones de la ville que d'un changement de comportement de la population ; sur la période 1982-1990 le solde de mouvement résidentiel reste uniquement positif dans la couronne périurbaine (figure 2). Le périurbain continue donc à exercer une forte attraction et l'urbanisation périphérique a été plus forte pendant ces 10 dernières années que lors du siècle précédent (Chalas, 2000).

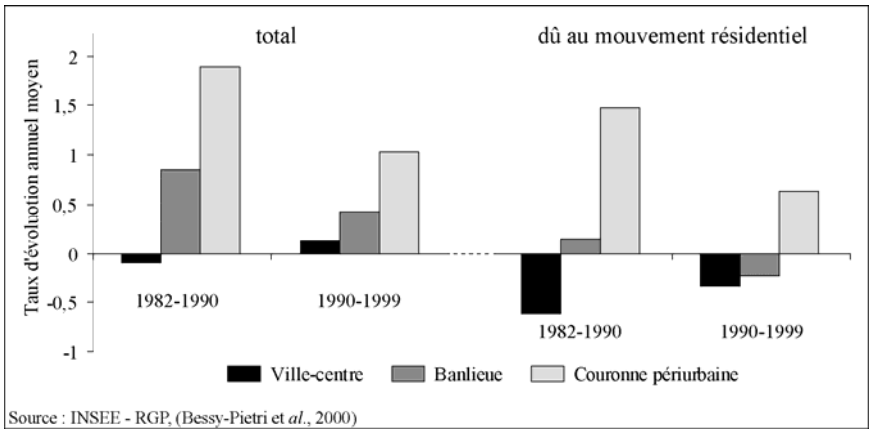


Figure 2 : Evolution de la population au sein de l'espace urbain

Cette croissance périphérique est à l'origine d'une réelle difficulté à fixer les limites de villes aux contours toujours plus mouvants et aux densités plus diluées. Métropole, mégapole, mégalopole, conurbation, aire urbaine, région urbaine, territoire urbain… sont autant de termes finalement aussi flous que ce qu'ils visent à décrire (Godard, 2001). Les hésitations spatiales ont débouché sur une grande diversité sémantique et, en définitive, la solution passe peut-être par une délimitation de la ville en fonction du temps car le fait même de "*s'agglomérer pour maximiser la quantité et la qualité des diverses formes d'interactions sociales intègre elle-même déjà la notion de temps*" (Wiel, 2002). F. Ascher (1995a) abonde dans le même sens puisque sa définition de "*métapole*" recouvre "*l'ensemble des espaces dont tout ou partie des habitants (...) sont intégrés dans le fonctionnement quotidien d'une métropole*". Or, les transports motorisés individuels sont le dénominateur commun et sous-jacent à ces définitions car ils ont bouleversé la notion d'espace-temps en milieu urbain (Wachter *et al.*, 2002).

1.4. L'expansion urbaine et son cercle vicieux

Le phénomène de périurbanisation est la conséquence d'un cercle vicieux qui ne fut que très récemment admis comme tel par les pouvoirs publics. La généralisation de l'automobile qui, dans un premier temps, a permis d'unifier des villes auparavant cloisonnées, a fini par engendrer un développement urbain de moins en moins contrôlé, fortement dépendant de l'automobile. On assiste ainsi actuellement au "*dopage de la consommation d'espaces nouveaux par de grandes infrastructures périurbaines*" (Sozzi, 1997). Ce constat est certes très variable d'une agglomération à l'autre (Bessy-Pietri *et al.*, 2000), mais il s'agit bien du modèle de croissance urbaine dominant.

Les politiques urbanistiques qui ont été menées jusque très récemment ont entretenu ce cercle vicieux en n'anticipant pas suffisamment les conséquences des actions menées en faveur des modes motorisés. Par exemple, créer des espaces commerciaux périphériques ou laisser se développer l'habitat aux limites des villes entraîne systématiquement des flux nécessitant des investissements en infrastructures. Inversement, la mise en service d'infrastructures plus efficientes est pour partie à l'origine du phénomène de périurbanisation car la sensibilité à l'éloignement au centre décroît corrélativement à l'amélioration de l'accessibilité. Le concept de centralité reste prépondérant dans l'esprit des citadins ; le choix du domicile ou la localisation des lieux fréquentés sont souvent dépendants de la distance au centre. Mais comme il devient possible d'effectuer de plus longs trajets dans un même laps de temps, la relativité de l'éloignement devient moins prégnante, l'espace-temps se substitue à l'espace kilométrique[4]. Toute augmentation de la capacité d'un axe, qui contribue à accroître la vitesse théorique des véhicules qui l'empruntent, augmente donc l'accessibilité des territoires desservis et suscite par voie de conséquence un intérêt nouveau chez les citadins. La densification de ces territoires jette un nombre toujours plus important de migrants pendulaires sur la route, entraînant un phénomène de congestion dans les villes qui réduit à son tour l'accessibilité. Il s'agit en quelque sorte d'un retour à la situation initiale, si l'on n'éludait pas le fait que l'afflux de nouveaux résidants confère à la perte d'accessibilité un caractère plus problématique encore. Par conséquent, si la ville favorisait autrefois les échanges par la proximité qu'elle générait, les vitesses de déplacement croissantes ont permis aux citadins de s'affranchir de cette "contrainte" de proximité et ont donc favorisé la naissance de nouvelles formes urbaines moins denses, plus étalées. La mobilité l'a ainsi emporté sur la géographie physique (Mangin, 2004).

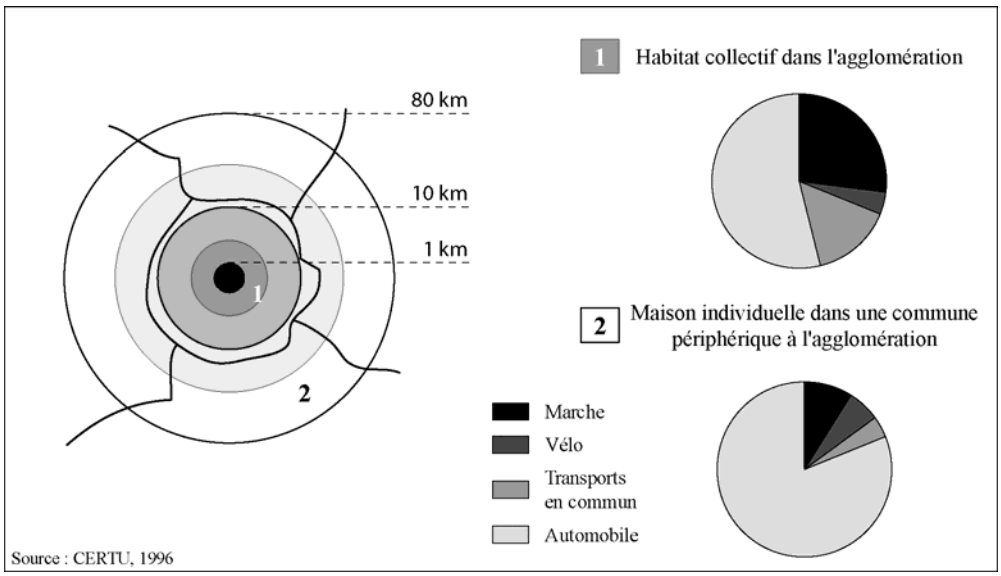


Figure 3 : Etalement urbain et choix modaux

En conséquence, la population qui réside en milieu périurbain utilise davantage l'automobile, puisque celle-ci était la condition *sine qua non* à l'implantation périphérique. Les autres

[4] - Les citadins l'ont d'ailleurs bien intégré puisqu'ils expriment le plus souvent la pénibilité (l'impédance) de leur trajet sous forme de temps.

modes, qui résistent dans la ville dense, sont supplantés par l'automobile dans un contexte d'urbanisation dispersée (figure 3). Il est donc possible d'associer des pratiques modales au lieu de résidence et nous reprenons ici à notre compte la description concentrique de la ville de Lauer[5] (1995) en y précisant les modes de transport dominants. Le centre, qui n'excède généralement pas un kilomètre de rayon, correspond à la surface occupée par la ville jusqu'au XVIIIe siècle. La mobilité pédestre y est le mode privilégié. Dans un rayon de dix kilomètres, la banlieue a absorbé la forte poussée d'urbanisation due à l'industrialisation, de la fin du XIXe siècle aux années 1970. Marche à pied et transports en commun conservent un poids réel au sein de ce tissu urbain continu de style disparate. Le périurbain s'étale jusqu'à 80 kilomètres du centre. C'est le territoire du rurbain, colonisé depuis le début du XXe siècle par une population dépendant du bassin d'emploi de l'agglomération. D'aspect plus rural, notamment parce que l'habitat individuel y est dominant, la voiture y exerce un quasi monopole.

Mais l'étalement et son corollaire, la primauté automobile, ont fait naître de nombreux désagréments de plus en plus fréquemment pointés du doigt. Pollution, engorgement urbain, coûts d'entretien des infrastructures, bruit, accidents, dégradation des paysages urbains… figurent parmi les reproches les plus cités par les adversaires de l'étalement urbain. Ce sont ces aspects négatifs que les périurbains génèrent pour la collectivité tout en se délestant individuellement de certains aspects négatifs (voisinage, insécurité…) et en continuant à bénéficier des avantages de la proximité (tableau 2). Le prix de la mobilité pour les individus est donc inférieur à ce que supporte la collectivité ; on parlera à ce sujet de surcoût collectif.

Aspects positifs de la proximité	Aspects négatifs de la proximité
- Etendue du marché du travail - Potentiel d'interactions culturelles, associations, loisirs, services publics… - Proximité des réseaux (communication, transport…) - Accès à l'information - Choix accru des biens de consommation et de services etc.	- Pollution - Bruit - Insécurité - Voisinage - Hausse des prix du foncier - Pression fiscale accrue etc.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la proximité (d'après Lévy et al., 1998)

Plus généralement, P. Panerai *et al.* (1997) illustrent toute l'ambiguïté du lien ville-automobile qui "*tient de la schizophrénie. La voiture est omniprésente et nous sommes incapables d'assumer cette présence dans les quartiers nouveaux où justement nous prétendons en tenir compte*". Le monopole de l'automobile ne peut toutefois expliquer à lui seul l'éclatement des pratiques urbaines. Les stratégies des acteurs économiques ont aussi participé à la redéfinition du fonctionnement urbain.

[5] - M. H. Massot (1998) distingue pour sa part la banlieue intérieure de la banlieue extérieure et le périurbain ancien du périurbain récent qui a intégré les ZPIU depuis 1975.

2. La nouvelle organisation intra-urbaine

Longtemps, la ville fut un centre de décision politique au sein de sociétés majoritairement rurales. Elle exerçait également une fonction déterminante en tant que centre névralgique des activités commerciales et était déjà "*synonyme de centralité, de concentration et d'influence*", ce qu'elle demeure plus que jamais aujourd'hui (Paulet, 2000). Mais des changements ont profondément bouleversé son organisation depuis la révolution industrielle. Ce sont souvent les principes économiques qui ont influé sur l'organisation des villes, à tel point que les noms des systèmes de production ont été repris pour la caractérisation du fonctionnement des villes. Auparavant fordiste, notamment pendant les trente glorieuses, la ville est devenue flexible, à l'instar du système de production (le toyotisme ou "postmodernisme") qui prévaut aujourd'hui. La ville d'aujourd'hui, héritière de ces profondes mutations, doit donc être appréhendée par le prisme de ces évolutions relativement récentes à l'échelle de l'histoire urbaine.

2.1. Les héritages de la ville fordiste

Après guerre, durant ce que l'on a appelé les trente glorieuses, le fordisme et le taylorisme ont considérablement influencé le mode de fonctionnement des villes. Caractérisés par la production à la chaîne, l'amélioration de la productivité de la main d'œuvre et la hausse des salaires pour favoriser l'écoulement de la production, ils ont bouleversé les rythmes et les styles de vie des citadins. Ce lien causal a pris la forme d'une relation directe et indirecte. Directe parce que ces deux systèmes de production ont favorisé l'accès à l'automobile pour une grande part de la population et en ont facilité l'usage par la réalisation de grandes infrastructures de transport nécessaires aux mouvements de marchandises. Indirecte car les principes du taylorisme prônant la rationalisation par la séparation des tâches ont influencé de nombreux urbanistes. L'urbanisme rationnel, héritier de "l'organisation scientifique du travail" a contribué à asseoir la supériorité des modes de transport motorisés en "*décomposant la ville complexe en fonctions élémentaires*" et en "*recherchant l'efficacité dans la monofonctionnalité* " (Ascher, 1995b).

Il est par exemple évident que Le Corbusier, qui a grandement influencé l'architecture et l'urbanisme moderne, voulait appliquer les principes du taylorisme à l'agencement des villes. Les aspirations de ce théoricien étaient claires et ses écrits ne souffraient d'ailleurs d'aucune ambiguïté : *"la plupart des villes étudiées offrent aujourd'hui l'image du chaos"* (Le Corbusier, 1968). Pour ce dernier, la ville devait donc tendre vers un maximum de rationalité : chaque partie du territoire devait avoir une fonction bien définie, tout devait être organisé scientifiquement (Ascher, 1995a). Certaines de ses réflexions, comme l'éloignement entre habitations et lieux de travail et la difficulté des déplacements induite, résonnent encore aujourd'hui avec une réelle modernité. La solution passait selon lui par l'affectation de chaque rue à un type de mobilité précis, la fréquence des contacts entre piétons et flux motorisés devant être réduite au maximum. Vitesse et mouvement devaient pouvoir s'épanouir sans interférer avec une mobilité pédestre plus exclue que préservée. Partisan du zonage, les logiques de production, dont il s'était inspiré ont en quelque sorte participé à la réalisation de ses préconisations : *"les plans détermineront la structure de chacun des secteurs attribués aux*

quatre fonctions clefs [habiter, travailler, se récréer, circuler] et ils fixeront leur emplacement respectif dans l'ensemble" (Le Corbusier, 1968). Mais, de nos jours, cette conception de la ville est remise en cause avec insistance et subit une crise profonde. Grands ensembles, villes nouvelles ou entrées de villes sont, par exemple, des tissus urbains directement hérités de la conception fordiste de la ville.

2.2. Le zonage, une forme d'urbanisme obsolète

Loin d'œuvrer à la résolution du problème né du tout automobile, certaines pratiques urbanistiques ont participé à leur aggravation. Urbanistes et architectes ont longtemps considéré que les formes urbaines pouvaient, à elles seules, solutionner les maux des villes. Il s'agit de ce que l'on a appelé les "utopies de la ville" qui ont eu cours en France jusque dans les années 70 et à qui l'on doit notamment la politique des grands ensembles. Mais bien souvent, l'absence de réflexion sur le long terme a entraîné des conséquences à retardement désastreuses.

La pratique du zonage à laquelle ont recouru nombre de politiques urbanistiques a amplifié le processus d'écartèlement des villes. Basé sur la constitution de zones accueillant des fonctions bien définies, le zonage a contribué à séparer les localisations économiques, commerciales et résidentielles, accroissant ainsi la spécialisation territoriale. Cette forme d'abandon de la mixité fonctionnelle symbolise l'importance que les urbanistes ont accordée à l'automobile à une époque où les méfaits de la mobilité motorisée n'étaient pas reconnus. Le territoire urbain ainsi découpé ne pouvait qu'alimenter le flot de déplacements de longue distance. A ce titre, les créations des zones d'activités qui ont incité au regroupement des entreprises offrent un bon exemple : tout d'abord, dans une logique d'amélioration de l'accessibilité des entreprises, ensuite pour sortir de la ville des bâtiments souvent déconsidérés par l'ensemble des citadins, enfin pour circonscrire les transports, notamment de marchandises, à l'extérieur des centres urbains. Ce dernier point est représentatif des politiques menées jusque très récemment car pour améliorer la situation dans un domaine particulier, on a délibérément sacrifié d'autres points pourtant importants. En repoussant les entreprises, de nouveaux déplacements motorisés ont été générés, ceux des salariés, qui pouvaient auparavant utiliser d'autres modes de transport.

Parallèlement, la pratique du zonage aurait pu contribuer à lutter contre l'étalement urbain grâce aux plans d'occupation des sols[6] qui déterminent l'usage de chaque parcelle. Mais elle a souvent été mal maîtrisée, comme le montre le problème des zones d'extension urbaine périphériques, prévues pour canaliser la périurbanisation, mais qui ont accueilli une population inférieure à celle prévue (Julien et Carré, 2003). Le zonage a donc clairement contribué à un allongement des distances parcourues par les citadins, ce qui est d'autant plus préjudiciable qu'il a été absorbé par les modes motorisés individuels. Les transports collectifs, restreints en terme de capacité et surtout de souplesse, n'ont pu véritablement se positionner comme une solution alternative. Ces politiques ont donc malheureusement fait preuve d'une vision à court terme puisqu'elles ont été incapables de prévoir les méfaits du tout motorisé. Et la crise

[6] - Remplacés par les plans locaux d'urbanisme en 2000.

associée à la technique du zonage, tel qu'elle fut pratiquée, est d'autant plus préoccupante qu'elle s'inscrit dans la durée car il est très délicat de recomposer ces espaces monofonctionnels.

Sans chercher à dédouaner ces politiques d'aménagement hasardeuses, il faut aussi rappeler que la tendance à la sectorisation fonctionnelle émane des logiques de marché. Certains modèles économiques très connus ont démontré l'importance des mécanismes du marché sur les localisations des ménages et des entreprises. Les travaux de W. Alonso, inspirés de ceux de J. Von Thünen sur la localisation des systèmes de production agricole, illustrent le rôle des marchés fonciers et immobiliers sur la ségrégation fonctionnelle de l'espace. Ainsi, les ménages et les entreprises se localisent en ville selon des critères liés au mécanisme d'enchères foncières[7] (Mérenne-Schoumaker, 1996). Les choix sont dictés par le sommet de la pyramide qui choisira des localisations optimales et ne laissera aux échelons les plus bas que des options limitées. Naturellement, ces logiques ont entraîné un amenuisement de la diversité fonctionnelle par regroupement des zones résidentielles et par dissociation des entreprises selon la valeur ajoutée dégagée et donc, très souvent, selon le secteur d'activité.

2.3. Le jeu des acteurs économiques, générateur de spécialisation spatiale

Indépendamment du zonage des politiques urbanistiques, les stratégies des acteurs économiques participent également au phénomène de spécialisation fonctionnelle par leur tendance au regroupement (encart 1).

Considérons une plage sur laquelle les vacanciers se répartissent de manière égale entre les extrémités de la plage. Arrivent deux marchands de glace qui décident d'y exercer leur activité. Où vont-ils se localiser ? La logique économique va-t-elle perturber l'organisation spatiale des vacanciers ?
A priori, la solution idéale réside dans un partage de la plage de sorte que chaque vendeur dispose de la moitié de la clientèle. Pour cela, il suffit qu'ils se soient suffisamment éloignés l'un de l'autre même s'il est inévitable qu'une concurrence s'établisse au milieu de la plage. Mais cet énoncé n'est valable que si les clients sont prêts à parcourir une distance relativement longue pour acheter une glace. Si celle-ci diminue, alors les vendeurs devront s'éloigner davantage pour gagner leur clientèle de bout de plage tout en évitant cette fois toute concurrence en milieu de plage. Inversement, si les vacanciers ont très faim et sont prêts à traverser toute la plage, alors chaque marchand peut desservir toute la plage et la localisation idéale est au milieu de cette dernière pour les deux vendeurs qui s'établissent à proximité l'un de l'autre. La zone du centre de la plage est clairement identifiée et c'est dans celle-ci que les clients sauront pouvoir trouver les glaciers. Si un troisième vendeur arrive, il ira naturellement intégrer cette zone des vendeurs de glace. Cette solution n'est pas la plus idéale pour les consommateurs mais qu'importe, l'économie a trouvé sa situation d'équilibre, dans l'intérêt des vendeurs.

Source : d'après Géneau de Lamarlière et Staszak, 2000

Encart 1 : La problématique de la localisation des activités commerciales : le modèle de Hotelling

[7] - Le prix dépend essentiellement de la distance au centre, de l'accessibilité, de l'environnement physique et social du quartier et de sa disponibilité en terrains.

Le modèle de Hotelling nous enseigne deux principes fondamentaux. Tout d'abord la logique économique s'impose souvent aux individus et au territoire qui en subissent les contrecoups négatifs. Les activités commerciales, qui cherchent à disposer de larges bassins de chalandise, choisissent des localisations stratégiques mais contraignantes pour les déplacements des citadins. Ensuite et surtout, les capacités de déplacement des individus et les facilités de transport créées par les collectivités territoriales ont un rôle primordial à jouer car un coût de transport faible concourt au regroupement alors qu'un coût élevé agit en faveur de la dispersion des entreprises.

Bien que simplifié à l'extrême, ce modèle peut être transposé au milieu urbain avec les zones commerciales qui regroupent diverses enseignes. Situées aux entrées de villes, elles irriguent à la fois les marchés urbains, périurbains et ruraux et bénéficient de terrains disponibles. Cet exemple frappant d'un système qui s'auto-entretient pourra s'appliquer à la plupart des entreprises : les modes motorisés permettent de s'affranchir de la proximité, les stratégies commerciales et économiques sont plus libres et concourent à rendre toujours plus indispensable l'utilisation des modes de transport motorisés.

De manière étonnante, l'automobile a donc participé au phénomène de compartimentation des villes. Puisque les déplacements motorisés ont permis aux citadins de s'affranchir des distances, les espaces sont devenus de plus en plus spécialisés, chacun adoptant une vocation plus ou moins bien définie. La logique économique de regroupement des activités, libérée du carcan de la proximité, a donc pu se développer sans entrave et les comportements de mobilité ont dû évoluer en conséquence. C'est ainsi que la localisation du lieu de résidence est de moins en moins subordonnée au lieu de travail : de 1975 à 1999, la distance moyenne domicile-travail est passée de 7,4 à 15 km et le pourcentage d'actifs travaillant dans une autre commune extérieure n'a cessé de progresser (Aguilera et Mignot, 2002). L'automobile n'a donc pas fait que transcender les limites de la ville, elle en a aussi profondément bouleversé le fonctionnement.

L'automobile et la qualité des infrastructures de transport, en permettant de s'affranchir de la dépendance au centre-ville, ont érodé les densités urbaines et incarné une forme d'abandon de la proximité pour bon nombre d'activités. Les centres, qui étaient autrefois au cœur de la vie urbaine du fait de leur accessibilité, ont perdu cette prérogative aux yeux des entreprises. De nouvelles centralités ont émergé aux limites de la ville et ont déplacé le centre de gravité du centre ancien vers la périphérie. Le champ urbain, qui équivaut aux possibilités d'interaction entre les différents acteurs de la ville (Claval, 1981 ; Halleux, 2001) s'en trouve modifié (figure 3). Autrefois favorable au centre-ville, il s'est dilaté et s'est aplani puisque l'accessibilité fonctionnelle des acteurs centraux a décru avec l'augmentation des localisations périurbaines et la volonté affichée des pouvoirs publics d'épargner au maximum les centres-villes en terme de circulation motorisée. Actuellement, on observe même la formation d'un cratère de champ urbain car pour les acteurs, très mobiles, "*les tissus urbains centraux correspondent désormais à la périphérie des espaces bordant les rocades de contournemen*t" (Wiel et Rollier, 1993). Quant aux activités localisées aux limites de la ville, elles occupent désormais une position centrale entre villes agglomérées et périurbaines.

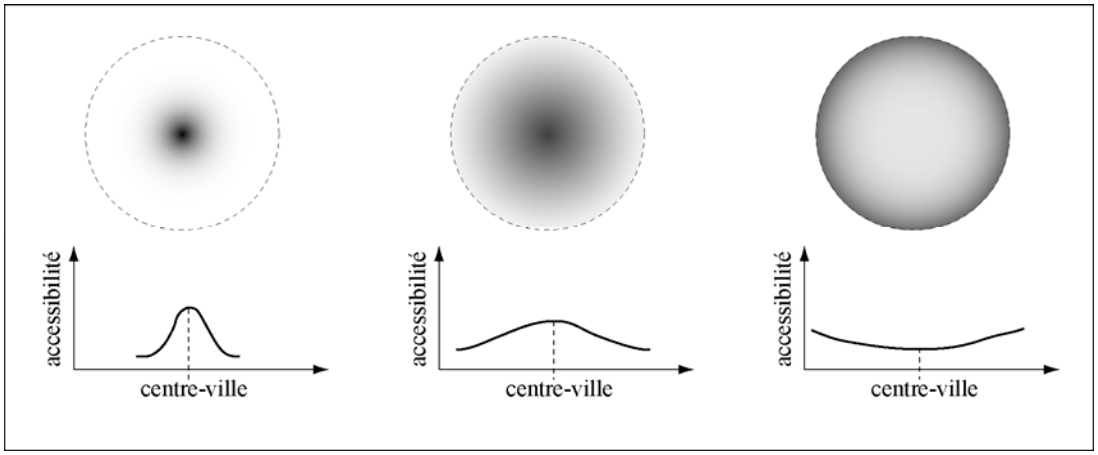


Figure 4 : Quand l'accessibilité devient périphérique

Cette redistribution des cartes au bénéfice des marges urbaines se traduit par une déconcentration des emplois depuis les années 90 (Lainé, 2000), principalement au bénéfice de la banlieue extérieure (figure 4). Le centre perd des emplois mais reste encore assez nettement le premier employeur de la ville grâce au maintien d'un dynamisme commercial et à la concentration d'administration tandis que dans le périurbain, le niveau des emplois n'a pas suivi la forte progression de la population malgré l'attrait exercé sur les fonctions industrielles. Tout en participant au phénomène d'étalement, la "décentralisation" des emplois est par conséquent moins marquée que celle enregistrée pour la population. Il faut noter que plus l'aire urbaine est grande, plus le phénomène s'accentue ; d'une taille à l'autre la banlieue reste stable mais l'évolution de l'emploi dans le centre chute tandis que celle de la couronne périurbaine augmente (Orfeuil, 2000). Le rapprochement entre actifs et emplois reste modéré et se réalise à l'écart du centre-ville ce qui nécessite le recours à la mobilité motorisée car la périphérie, relativement vaste, favorise l'allongement des déplacements.

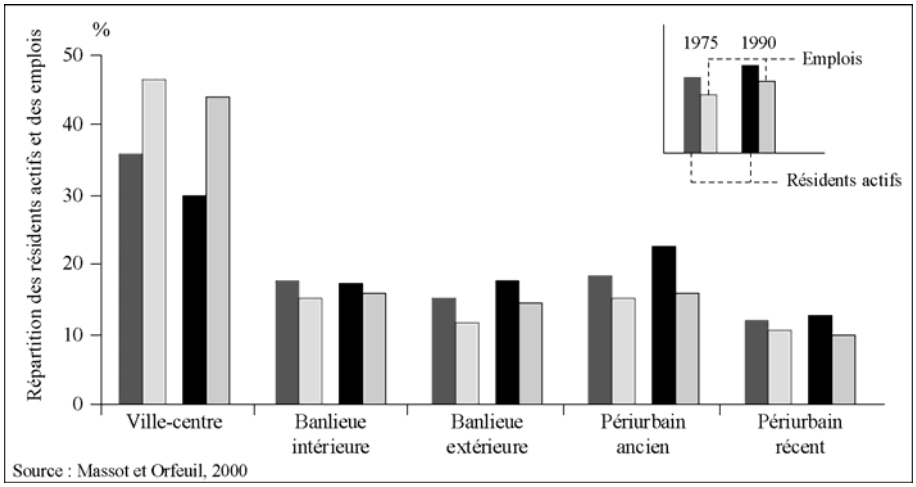


Figure 5 : La redistribution de la population et des emplois

2.4. La ville postfordienne

Faire un réquisitoire contre la complaisance des politiques urbaines à l'égard de la suprématie des logiques économiques est chose aisée mais se révèle en partie injuste. En effet, le nouveau cycle économique, postmoderne, impose de nombreuses contraintes aux villes.

Ainsi, l'accessibilité, qui est devenue un élément de performance, contraint les entreprises à recourir à une localisation selon des choix toujours plus stratégiques. Les flux tendus, l'externalisation de la production vers des sous-traitants en constante augmentation, l'emploi d'une main d'œuvre dont le domicile n'est que très rarement à proximité du site… contribuent à faire du besoin d'accessibilité disponible dans les marges des agglomérations une ressource primordiale. Les villes continuent donc à aménager leurs entrées de ville pour susciter de nouvelles implantations d'entreprises. Du point de vue économique, la baisse du coût des terrains et la fiscalité avantageuse consentie par les communes qui tentent de remplir leurs zones d'activités sont des atouts indéniables pour les entreprises. De plus, la relative souplesse des contraintes architecturales ou urbanistiques est plus qu'appréciable comparativement aux normes restrictives à l'intérieur des villes. Enfin, les places de parking ne manquent pas dans ces zones où la pression foncière est moindre. Ces considérations relèvent, comme le souligne A. Dupont (1994) au sujet du développement de ces zones, "*de préoccupations plus financières qu'urbanistiques*" et il serait tentant de critiquer les politiques urbanistiques. Mais les villes peuvent-elles et doivent-elles adopter une position trop radicale en faveur de la densité au risque de perdre leur compétitivité ? Considérons les effets de la compétition interurbaine à une échelle plus large. Pour une ville, la nécessité de faciliter le fonctionnement des entreprises est aujourd'hui impérieuse. Or, ces dernières font jouer la concurrence en exigeant toujours plus d'avantages, notamment en ce qui concerne les facilités de transport car la vitesse est essentielle dans le nouveau système de production, le toyotisme. L'accessibilité devient un élément déterminant de cette rivalité (Bourdin, 2004) dans le sens où elle favorise les liaisons vers l'extérieur mais aussi avec la ville d'implantation. L'accès aux clients, la gestion des flux de marchandises et des déplacements professionnels doivent être facilitées au maximum (Aguilera et Mignot, 2002). En outre, l'un des principaux problèmes de l'étalement des villes réside dans l'obsolescence des limites communales traditionnelles. Enveloppant plusieurs communes, l'extension de l'entité urbaine implique une gestion moins aisée et se trouve confrontée à une concurrence entre les communes périurbaines au sein même de son territoire. Il faut donc considérer la ville selon cette double logique interne-externe car "*la ville se situe bien au cœur même de la nouvelle dialectique à établir entre le local et le global*" (Ampe et Neuschwander, 2002). Ceci explique la transformation du rôle de l'urbaniste, "*autrefois démiurge*" et qui "*se doit de devenir séducteur*" (Ascher, 1995a).

2.5. Des déplacements plus complexes à l'échelle de l'agglomération

Etalement et recomposition fonctionnelle ont pour conséquence une redistribution des déplacements au sein des territoires urbains. Les flux obéissent de moins en moins à la loi centre-périphérie qui historiquement représente la norme. En effet, le centre ville n'est plus ni le générateur, ni le capteur unique de la mobilité quotidienne qui rythme la vie d'une agglomération. Les déplacements internes à la banlieue, internes à la périphérie et de banlieue

à périphérie sont devenus plus prégnants et ce basculement ne semble pas sur le point de s'infléchir, même si le centre continue à préserver une certaine attractivité. Dans les aires urbaines de Bordeaux ou Grenoble par exemple, plus de 50 % des déplacements domicile-travail sont effectués au sein de la périphérie. Inéluctablement, la marche à pied a souffert de cette redistribution des cartes au sein de l'agglomération mais ce sont surtout les transports publics et collectifs qui ont dû réorganiser leur système de desserte pour sauvegarder des parts de marché. Ils y parviennent péniblement car ils subissent un lourd handicap dû à leur manque de souplesse et à leur coût élevé. Les transports à la demande ont été créés pour pallier ce manque de flexibilité (Thévenin, 2002) mais le coût de tels services reste élevé.

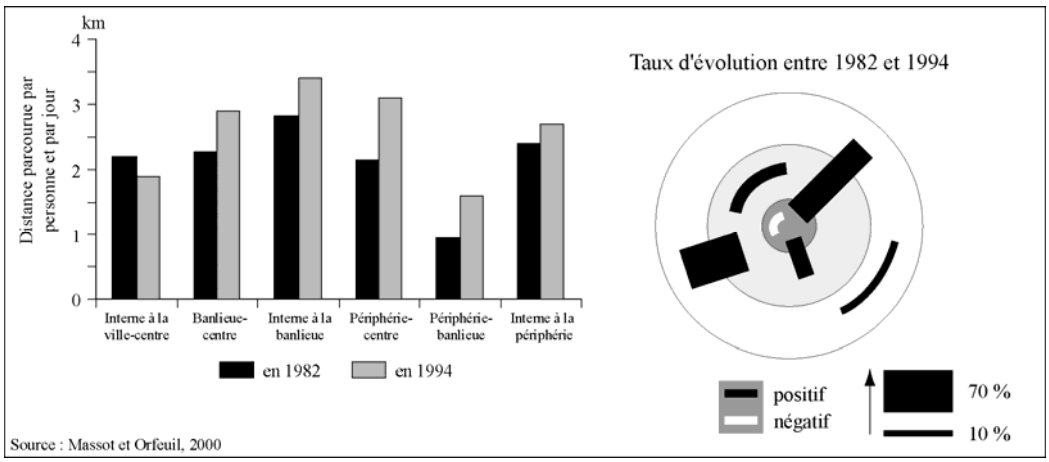


Figure 6 : Mobilité quotidienne au sein des agglomérations

La description des logiques économiques n'est pas anodine puisqu'elle permet de comprendre les changements de localisation des générateurs de flux, qu'il s'agisse d'emplois, de commerces ou de lieux de loisirs. L'étalement urbain est certes problématique de manière intrinsèque ; mais il n'engendre réellement un allongement des déplacements que parce qu'il est associé à un phénomène de spécialisation fonctionnelle des espaces. Les individus doivent davantage mobiliser leurs capacités de mobilité puisque la ville tend à devenir une somme d'unités fonctionnelles homogènes.

3. Vers une redéfinition de la proximité

Il n'y a plus de contiguïté des espaces vécus car les contraintes physiques du déplacement se sont estompées au profit des contraintes temporelles (Versteegh, 2005). Fort de ce constat, de nombreuses réflexions sont engagées pour envisager un avenir urbain plus durable, plus cohérent. Ces réflexions mettent souvent en avant la notion de proximité mais en se basant sur des définitions très éloignées.

3.1. Le modèle rhénan ou la ville compacte : un scénario impossible ?

Bieber *et al.* (1993a) proposent trois scénarios pour initier une réflexion sur le développement urbain futur. Parmi ceux-ci, le modèle rhénan, urbanophile et érigé en exemple, représente une alternative à l'expansion des villes françaises qui se sont développées en tache d'huile grâce à un réseau routier tentaculaire et qui ont vu émerger des centralités nouvelles dans le périurbain. Cet étalement, fortement consommateur d'espaces et générateur d'externalités négatives, doit être enrayé par un modèle plus durable. Il s'agit de celui qui prime dans les villes de l'Allemagne rhénane et de Suisse alémanique où les transports collectifs jouent encore un rôle structurant fort, où la marche à pied est valorisée et où l'on tente de limiter l'urbanisation diffuse. Dans ces villes "compactes", on privilégie une bonne maîtrise de l'occupation des sols tout en limitant les investissements routiers. Or, certains travaux ont confirmé que les fortes densités entraînent une baisse des distances moyennes parcourues et un rééquilibrage en faveur des modes doux, ce qui occasionne une réduction de la consommation d'énergie (Fouchier, 1997 ; Pouyanne, 2004).

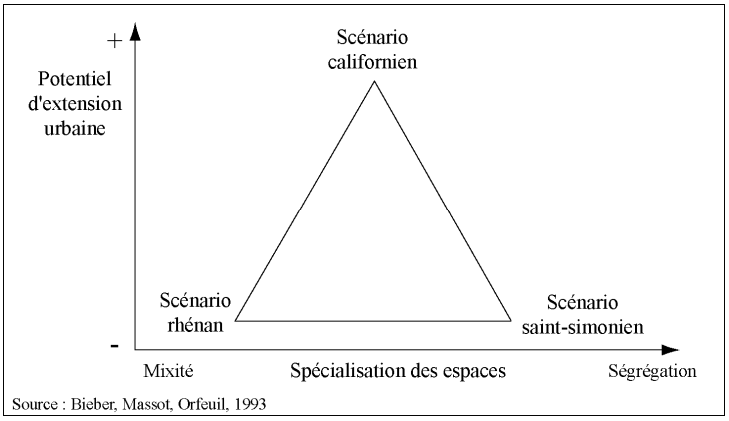


Figure 7 : Eléments de prospective : quel scénario ?

Par ces qualités, le modèle rhénan s'oppose au scénario saint-simonien, vers lequel évoluent de nombreuses villes françaises et européennes, et qui cumule centralité forte, périurbanisation rapide et non contrôlée et spécialisation fonctionnelle des espaces. La réalité est donc sans appel : les quartiers européens ne sont ni multifonctionnels, ni multisociaux (Ascher, 2000). Quant au scénario californien, urbanophobe, ultra automobile et à l'urbanisation diffuse, il ne concerne pour ainsi dire pas les villes françaises.

De manière presque identique, J. Lévy (2005) propose une réflexion sur l'organisation des villes basée sur les modèles d'Amsterdam et de Johannesburg, qui ressemblent en grande partie aux scénarios rhénan et californien mais dans laquelle il n'existe pas de niveau intermédiaire. V. Fouchier (1997) oppose pour sa part deux philosophies : l'une basée sur les principes du développement durable (urbanisme contre l'automobile) et l'autre valorisant les gains d'espaces individuels (urbanisme avec l'automobile).

Que l'on considère l'une ou l'autre de ces "classifications", on sent poindre, dans les débats actuels[8], une préférence pour la ville dense et qui assure "*la diversité de l'occupation des territoires*" (Ampe et Neuschwander, 2002). Ce scénario, nous rappelle toutefois F. Beaucire (2004), est plus difficile à mettre en place en France que dans les pays d'Europe du Nord car notre pays se caractérise par de faibles densités et la recherche d'accessibilité conséquente a toujours été obtenue par la vitesse ; les mentalités actuelles sont profondément imprégnées de cet héritage. Autre frein, le manque de coopération intercommunale gêne la mise en place de mesures aptes à lutter contre la périurbanisation, comme la fiscalité foncière concertée. Il est donc difficile d'imaginer que le modèle rhénan ait une quelconque chance de se réaliser à grande échelle, pour l'ensemble des villes françaises, car le coût social et politique que le modèle implique est tel qu'il le condamne presque systématiquement. Il faut plutôt tirer les enseignements positifs du fonctionnement de ces villes et réfléchir à la manière de les adapter dans des espaces urbains qui ont de toute façon déjà suivi une évolution différente. D'ailleurs, J. Rémy (2002) rappelle que les critiques trop systématiques émises à l'encontre de l'évolution récente des villes sont influencées par notre vision passéiste d'une ville faite pour le piéton et que, dans certains cas, les nouveaux espaces périurbains sont faits de mixité. Dans cette optique, certaines propositions visent à structurer le périurbain en diminuant le nombre de maisons individuelles, en densifiant les zones d'habitat autour des lignes de transport public et en renouant avec le mixité fonctionnelle (Beaucire, 2002). Certes, ces types de réaménagements se basent sur les préceptes de la ville compacte, mais ils ne mettent pas systématiquement en cause le phénomène de périurbanisation.

De manière identique, la plupart des pays occidentaux touchés par la périurbanisation se questionnent sur les problèmes liant déplacements et formes urbaines. L'historique des recherches menées sur la question, dressé par Hall (1997) et Burton (2000), nous démontre que le débat à l'étranger est tout aussi polémique qu'en France. Ainsi, l'un des travaux précurseurs en la matière tendait à démontrer que les villes américaines les plus denses étaient favorables aux déplacements non motorisés (Newman et Kenworthy, 1989), ce que contestèrent Gordon et Richardson (1989) notamment. D'autres voix s'élevèrent aussi pour insister sur l'importance de la mixité fonctionnelle (Handy *et al.*, 2005). Cervero et Radish (1996) ont ainsi démontré que les ménages habitant dans des zones denses et à forte mixité fonctionnelle délaissent plus fréquemment leur automobile.

Certaines de ces constatations ont donné naissance à un nouveau courant urbanistique, le *new urbanism*. Né aux Etats-Unis en réaction à la ville fordiste, à l'étalement urbain et au tout automobile, il privilégie les formes traditionnelles de la ville : bâti et voirie à dimension humaine, redensification, mise en valeur de l'espace public (et prise de conscience de son rôle), dissociation des espaces de l'habitat et de l'automobile. Le *new urbanism* est imprégné de développement durable et conjugue densité, diversité et recherche esthétique (Cervero et Kockelman, 1997). L'Union européenne y fait référence de manière implicite dans certaines de

8 - Dès 1990, la commission européenne énonçait, via un Green Paper, les caractéristiques de la ville "idéale" : compacité, faibles distances domicile-travail et domicile-achat, rôle prépondérant des transports publics (Commission of the European Communities, 1990).

ses actions, comme dans sa charte d'Aalborg des villes européennes pour la durabilité par exemple (27 mai 1994).

A l'heure actuelle, ce débat n'est évidemment pas clos et la position la plus sage reviendrait peut-être à suivre l'opinion de R. Mackett (2003) qui nous invite à ne pas établir une relation causale trop forte entre agencement urbain et déplacements. Mais en tout état de cause, plutôt que de garantir la mobilité, les politiques urbaines doivent préserver la meilleure accessibilité possible, c'est-à-dire celle qui ne nécessite pas de déplacements trop coûteux.

3.2. Au sein de l'archipel, des îles de proximité

Les références à la compacité se basent sur le constat que la proximité a pratiquement disparu des villes actuelles, transformées par la nouvelle métrique de l'automobile, et dans lesquelles la densité ne fait que subsister. Cette ville de la proximité, du voisinage, est celle des déplacements non motorisés et plus spécifiquement de la mobilité pédestre. Elle a une réalité physique mais existe également d'un point de vue plus abstrait par le biais des pérégrinations urbaines qui voient les citadins habiter, travailler et consommer dans des lieux disjoints (Wiel et Rollier, 1993).

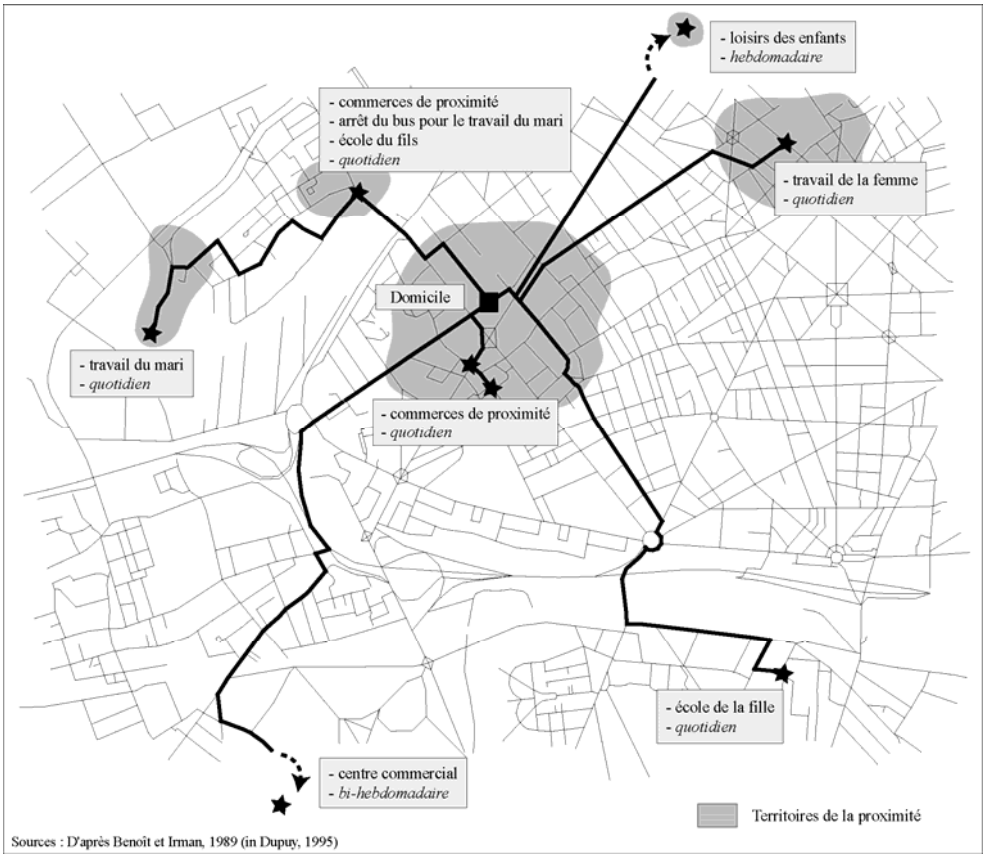


Figure 8 : La proximité éclatée

Concrètement, elle correspond au centre ville ancien, hérité de la ville pédestre, dans lequel les espaces publics ont gardé une dimension à caractère humain. Caractérisé par une part de déplacements automobiles plus faible en raison notamment d'une incapacité à créer de nouvelles infrastructures de transport, le centre symbolise la résistance au phénomène qui se développe à ses marges. Mais surtout, la ville proche existe de manière plus subjective pour chaque citadin, autour de son domicile et des lieux qu'il fréquente très régulièrement (Chalas, 1997). "*L'espace pratiqué dans la vie quotidienne s'est largement individualisé et déconnecté de la proximité spatiale*" (Kaufmann, 2005) et favorise l'usage des transports motorisés. Il en ressort une "achipélisation" de l'espace vécu et un "effet tunnel" qui affecte l'espace urbain non consommé. La proximité correspond aussi à ces espaces de vie porteurs d'opportunités immédiatement réalisables et qui nécessitent parfois d'avoir recours à un long déplacement. Rémy (2002) parle à ce sujet de "*réseau aréolaire*" car "*la discontinuité n'empêche pas l'émergence de lieux collectifs où le piéton retrouve un statut*" ; on parlera alors d'îlots de proximité familiers (Rémy, 2004) qui mettent en jeu les pratiques intermodales des citadins. Automobile et marche à pied ne s'opposent plus et l'on peut compléter, de ce point de vue, la notion d'archipélisation des espaces de vie en affirmant qu'en réalité, le "être à côté" et le "être en relation" coexistent. C'est le territoire "mille-feuilles" fait d'espaces fonctionnant à des échelles et à des métriques différentes (Offner, 2000) qui remet en cause la manière traditionnelle de concevoir la ville. A ce sujet, P. Versteegh (2005) dénonce d'ailleurs l'obsolescence du concept centre - périphérie suburbaine - campagne périurbaine. Si la ville pratiquée est de moins en moins celle de la proximité immédiate, cela ne condamne donc pas inéluctablement les modes lents comme la marche à pied ou le vélo.

Reprenant la métaphore de notre titre, nous poussons donc encore un peu plus en avant la comparaison : à l'instar de l'archipel, les espaces de vie (Frémont, 1984, cité par Di Méo, 2000) sont composés d'îlots plus ou moins étendus avec a priori un vaste îlot central défini autour du domicile (figure 7). La disparition du concept d'enracinement spatial au profit de la notion d'ancrage résume bien cette consommation multi-sites du territoire urbain. A l'intérieur de ces îlots, une mobilité insulaire, potentiellement favorable à la marche à pied, peut subsister. Cette conception nouvelle de la proximité incite à l'optimisme mais elle met également en lumière les inégalités malheureusement inévitables entre individus car, dans ces conditions, tous ne disposent pas des mêmes potentialités dans leurs espaces de proximité. Il est possible d'énoncer trois causes pour expliquer ces disparités :

- des capacités de déplacement très variables, tributaires notamment de la motorisation des ménages. Ces disparités agissent sur l'accès aux différentes espaces urbains ;
- l'inégale localisation des opportunités urbaines : commerces, écoles, lieux de loisirs…, en tant que générateurs potentiels de déplacements (Noël *et al.*, 2001). On pourra citer, à ce sujet, les travaux sur les calculs d'accessibilité multicritère qui synthétisent les accessibilités partielles à différents types d'activités (Joerin *et al.*, 2001) et leur rôle sur les comportements de déplacement (Frankhauser *et al.*, 1998) ;
- l'influence du réseau qui donne accès de manière plus ou moins restrictive à ces derniers et augmente l'hétérogénéité de l'espace. Sa forme, sa densité, son niveau de connexion… contribuent à redéfinir la notion de proximité en fonction des distances et

des temps d'accès. A ce sujet les cartes en anamorphoses couramment utilisées pour représenter les effets de l'accessibilité sont très représentatives puisqu'elles dilatent ou rétractent l'espace en fonction d'une distance-temps. Elles rappellent, si besoin est, que le territoire n'est ni isotrope, ni isomorphe en introduisant des distances parcourues réelles, voire perçues, qui "*ne sont pas proportionnelles au kilométrage, moins encore aux distances linéaires sur la carte, c'est-à-dire au vol d'oiseau*" (Brunet, 1993).

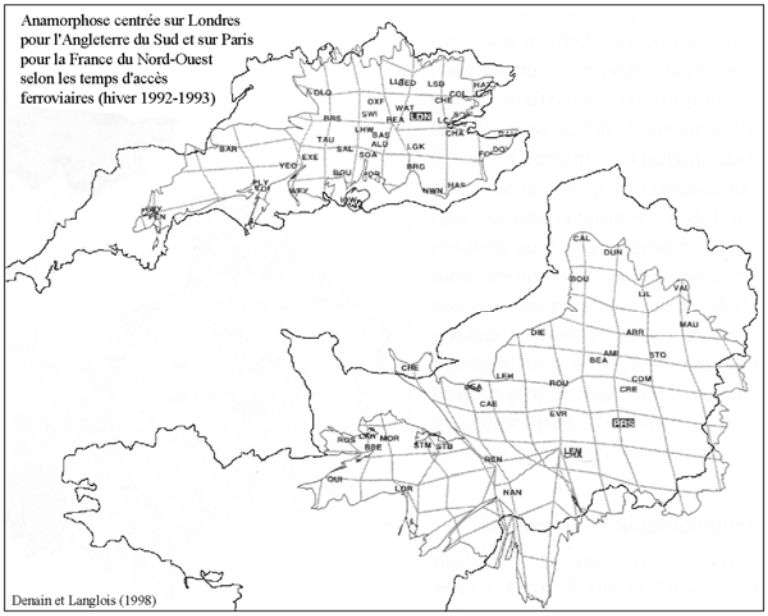


Figure 9 : L'anamorphose, une représentation de l'espace-temps

On le voit, la multi appartenance territoriale des citadins est affaire de choix et de contrainte. Contrainte d'un espace qui impose en partie ses règles et choix afférents plus ou moins libres des citadins.

3.3. L'abandon de la mixité… un facteur de ségrégation sociale et spatiale

Finalement, l'opposition entre ville compacte et éclatée peut être assimilée à une distinction entre ville proche et ville éloignée, selon des critères d'accessibilité fonctionnelle. C'est donc à cette ville proche, pétrie de mixité fonctionnelle, qu'il ne faut pas renoncer ne serait-ce que pour éviter la mise au ban des citadins qui n'ont pas accès à l'automobile. Car l'accessibilité ne s'est pas accrue pour tous ; elle a même subi une grave récession pour les ménages non motorisés qui ont vu leur potentiel de proximité s'effondrer suite à la spécialisation croissante des espaces. Dans les quartiers récents, l'automobile est ainsi devenue presque indispensable. Les zones récemment créées, telles que les entrées de villes, constituent à ce titre un "*tissu instable et déconnecté des quartiers d'habitation périphériques, que pourtant ils jouxtent souvent*" (Dupont, 1994). L'accès aux aménités urbaines s'est réduit pour les citadins non motorisés et le règne de l'automobile, bien que démocratisée, est en partie facteur de ségrégation (Dupuy, 1995 ; Fouchier, 1997) puisqu'il ne faut pas oublier que "*l'espace reste*

pour une part importante de la population un facteur de résistance" (Orfeuil, 2000). Certes, la figure 10 montre qu'une partie toujours plus conséquente de la population utilise des modes de déplacement variés mais elle démontre également que les captifs de la marche à pied restent nombreux (une personne sur cinq) : ce sont eux les vrais exclus de la ville contemporaine (Viard, 1994), parce qu'ils sont certes moins mobiles, mais surtout parce que leur mobilité est subie.

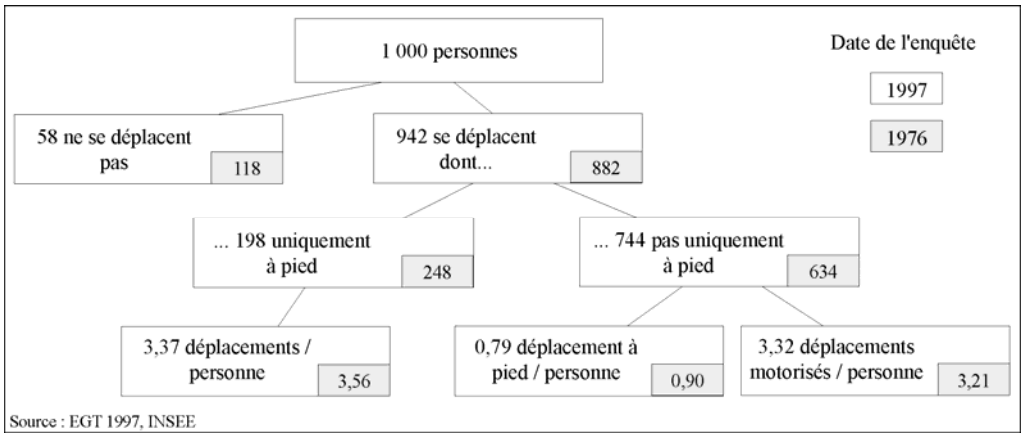


Figure 10 : Evolution des comportements de déplacements entre 1976 et 1997 en Ile-de-France

Moins territorialisé et fondé sur le réticulaire, le mode de fonctionnement urbain a recomposé la hiérarchie sociale entre des individus qui se distinguent désormais par le fait qu'ils ne disposent pas tous du même univers de choix. Les dominants sont les individus mobiles pour lesquels la ville apparaît sous son meilleur aspect, comme un lieu d'opportunités diversifiées. Inversement, les dominés évoluent dans un espace "clos" car leurs modalités de déplacement sont plus restreintes. Une enquête réalisée par J. P. Nicolas *et al.* (2002) à Lyon montre que "*la voiture n'est pas encore un bien complètement démocratisé*" car 40 % des ménages à bas revenus n'en possèdent pas. La tendance actuelle à la hausse des prix du carburant, couplée à une augmentation de la taxation du gazole, risque d'engendrer un accroissement des inégalités entre les citadins et de stigmatiser, par la même occasion, les formes urbaines actuelles de villes peu en adéquation avec les termes de la mobilité durable. La diminution des effets contraignants de la distance permise par les nouvelles capacités de mobilité est donc un facteur de ségrégation (Kaufmann, 2004a) qui ne peut laisser indifférent. D'autant plus qu'il s'associe au mécanisme des enchères foncières qui affecte la localisation des ménages. Grâce à leur pouvoir d'achat, les ménages relativement aisés peuvent choisir leurs lieux de résidence sans réelle contrainte, en fonction de la localisation des emplois, des équipements urbains fréquentés, de l'environnement social, des types de logements ou de l'image du quartier. Evidemment, il n'en va pas de même pour les couches les moins aisées de la population, qui sont réduites à n'effectuer que des choix secondaires. C'est pour cette frange défavorisée de la population, contrainte dans ses choix de localisation et restreinte dans ses capacités de mouvement, qu'il faut "*casser la monofonctionnalité*" en tentant de rétablir un équilibre entre habitat, activités et espace public (Dupont, 1994). Cela passe notamment par un maintien de ce

que l'on appelle l'urbanité de quartier, symbole de la mixité et de la proximité des fonctions qui font la ville.

3.4. Quand urbanité rime avec marche à pied

Bachofen et Tabouret (1995, cités par Chalas, 2000) pointent du doigt la faillite de l'urbanité de quartier, relayés par J.P. Orfeuil (2000) qui craint pour la ville traditionnelle car, si la mobilité a la capacité de rendre proche ce qui est lointain, elle peut aussi présenter le désavantage de rendre lointain ce qui est proche. Le quartier en tant qu'élément principal de la vie urbaine a été remplacé par des centralités multiples, éloignées et l'opposition ancienne entre quartier et ville aurait même cédé la place à une opposition entre logement et agglomération (Chalas, 2000).

Mais la fin de la proximité spatiale au profit de la proximité temporelle ne signifie pas pour autant que le quartier et toutes les sociabilités qui le caractérisent sont voués à disparaître. Le domicile reste un point d'ancrage essentiel et même si de nombreuses pratiques ont disparu du voisinage immédiat, un certain nombre de potentialités restent circonscrites à celui-ci. En effet, le choix du domicile répond encore à un besoin de proximité relatif et n'est pas totalement déconnecté du quotidien des citadins (Authier et Lévy, 2002). Simplement, la tendance actuelle fait que le quartier ne retient plus les activités quotidiennes car d'autres espaces sont régulièrement consommés. Entre ces lieux, les espaces urbains intermédiaires, même s'ils sont traversés régulièrement, n'ont pas d'existence réelle. Territoires de l'occasionnel dans le meilleur des cas, ils ne représentent pas de grand intérêt pour le citadin qui a façonné son propre espace urbain. Les cartes mentales illustrent à ce titre les omissions que les citadins commettent lorsqu'ils se représentent leur ville (Cauvin, 1998) et la diversité des représentations de la mobilité quotidienne (Orain, 1997).

Dans ce contexte, la marche reste le vecteur principal de l'urbanité, sinon de quartier, du moins de proximité. Elle maintient une sociabilité minimale entre les citadins, dans les différents lieux qu'ils fréquentent et est la seule qui donne vie à la ville dans le sens où les transports motorisés établissent une jonction entre les lieux fréquentés mais délaissent l'espace interstitiel. C'est cet entre-deux que la mobilité pédestre occupe en partie, maintenant ainsi un minimum d'homogénéité dans une ville sans cesse plus émiettée ; elle est étroitement liée aux opportunités d'activités présentes à proximité du domicile (Handy, 1996b). Elle ne peut plus se substituer aux autres modes mais elle doit, notamment pour le maintien d'une forme d'urbanité, avantageusement les compléter. En effet, les piétons agissent pour le maintien de l'animation et des échanges sociaux et sont ainsi "*à la base de la culture urbaine de nos villes*" (CERTU, 1996).

Conclusion

Le phénomène d'étalement urbain conjugué au problème de mono-fonctionnalité des espaces est lié à la suprématie de l'automobile. Avec les nouvelles manières de pratiquer la ville, il

contribue à l'allongement des distances parcourues (Masson, 1998), pénalisant ainsi les déplacements pédestres. Il apparaît désormais indéniable que la ville doit se faire contre le tout automobile. Mais cela ne veut pas dire contre la mobilité (Dupuy, 1999 ; Ascher, 1998) car c'est la variété des modes de transport qui fait la richesse des déplacements et du vécu urbain. C'est donc le libre choix des citadins en matière de modes de transport et d'espaces vécus qu'il faut, autant que possible, sauvegarder. Dans cette optique, la mixité fonctionnelle devra figurer en bonne place dans les politiques urbaines futures afin de maintenir la ville dans son rôle traditionnel de maximisation des interactions.

Par ailleurs, la synthèse des dynamiques urbaines effectuée dans ce chapitre n'a pas rendu compte des phénomènes moins visibles qui contribuent à pérenniser le cercle vicieux de la ville automobile. Ainsi, nous avons insisté sur le lien révélé entre transformation urbaine et décroissance de la compétitivité des autres modes de transport sans mentionner le fait que cette baisse est également due à un changement de mentalité des citadins. Or, ce changement n'est pas totalement irréversible et l'on peut espérer l'infléchir en proposant une autre façon d'appréhender et d'habiter la ville. Il ne s'agit pas, comme on peut l'entendre parfois, d'un combat d'arrière garde. Le but n'est pas de prôner un retour à la ville compacte au détriment de la ville polycentrique ni de faire la promotion systématique de la marche à pied comme mode de déplacement. L'objectif est en réalité plus mesuré : puisque la proximité s'étiole, affaiblissant la position de la marche à pied, il faut inverser les termes du débat et redynamiser la mobilité pédestre, pour espérer maintenir des besoins de proximité. C'est à cette condition que la rue restera un lieu accessible autrement que par des modes motorisés.

Chapitre 2

Quelle place pour la mobilité pédestre ?

En détaillant les processus urbains dans le chapitre précédent, nous avons montré que l'usage de l'automobile en ville est un phénomène avec lequel il faudra composer. Ce constat est renforcé par le fait que les nouveaux comportements de mobilité observés à l'échelle urbaine sont intimement liés à l'automobile. Mais passé cette remarque générale, il faut noter qu'il existe plusieurs niveaux de mobilité au sein de la ville. On trouvera d'une part les déplacements qui mobilisent nécessairement les capacités des modes motorisés alors que, d'autre part, certains trajets se font dans les espaces de proximité. Ce sont ces déplacements, peu étudiés, que la mobilité pédestre peut reconquérir. C'est pourquoi les besoins de déplacement en marche à pied nécessitent autant d'attention que les modes motorisés. Les aménageurs semblent davantage prendre en compte ces nouvelles préoccupations puisque, depuis quelques années, la mobilité pédestre est redevenue un sujet de réflexion majeur de la gestion urbaine. Il reste toutefois à insister sur les spécificités de la marche car elle implique un rapport à l'espace méconnu.

1. Un contexte défavorable à la marche à pied

Vouloir redynamiser la marche à pied implique, dans un premier temps, de prendre conscience de ses désavantages. L'extension des territoires urbains, devenus moins denses et plus sectorisés, représente le premier obstacle d'un mode qui pâtit de la comparaison avec l'automobile. Mais c'est surtout la profonde modification des comportements individuels qui dessert la marche à pied. Les déplacements sont ainsi fortement liés aux nouveaux modes de vie urbains d'individus plus autonomes et plus flexibles.

1.1. Des pratiques inégales au sein de la ville

Nous l'avons déjà mentionné, le choix modal est dépendant du lieu d'habitat. Mais plus encore, c'est la manière de se déplacer dans son ensemble qui peut être associée aux localisations spatiales. Si l'on se réfère uniquement à des données techniques sur les déplacements (figure 11), tout semble accréditer la thèse selon laquelle les formes urbaines plus récentes sont liées à la mobilité facilitée.

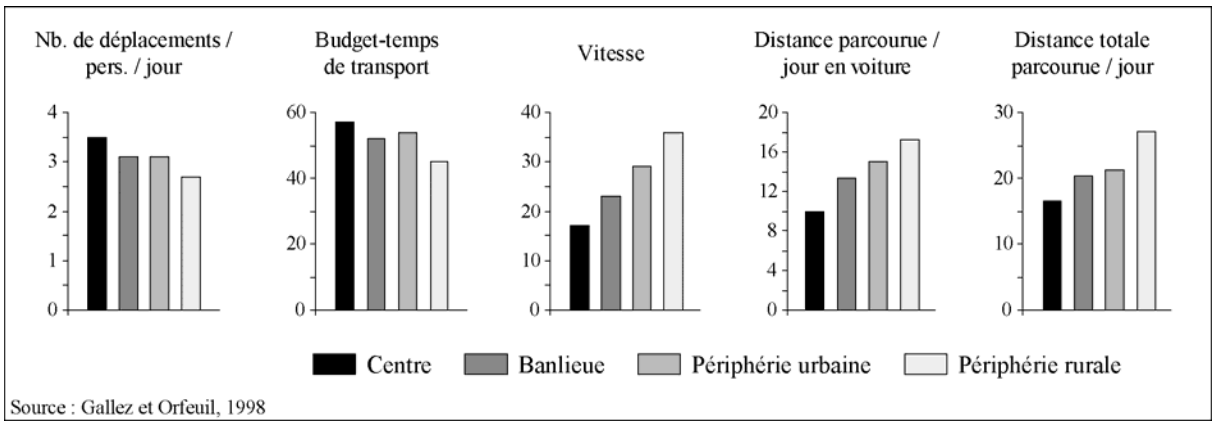


Figure 11 : Des manières de se déplacer dépendantes de la localisation

De ce point de vue, la ville se décompose en plusieurs entités distinctes qui s'ordonnent progressivement en fonction de leur éloignement au centre-ville. Il y a moins de déplacements par personne et par jour en périphérie mais les distances parcourues sont beaucoup plus élevées et principalement effectuées en automobile car celle-ci permet de minimiser le budget-temps de déplacement par rapport aux autres modes de transport (Wachter *et al.*, 2002). Les vitesses participent à la même logique : elles augmentent rapidement en périphérie et permettent de diminuer le temps investi dans les transports.

On voit donc nettement apparaître une dichotomie entre longues distances, vitesses élevées, budget-temps "faible" des périurbains et courtes distances, vitesses faibles, budget-temps élevé des habitants du centre. La croissance de la population périurbaine alimente le processus de changement de comportement favorable à l'augmentation de la mobilité alors que les désavantages cumulés de la mobilité centrale ne peuvent, en l'état, modifier la donne. Sans doute faut-il associer ce constat aux pertes progressives de part modale des transports en commun et de la marche à pied à mesure que l'on s'éloigne du centre.

1.2. La marche à pied, un mode comparativement désavantagé

Le déséquilibre entre mobilité motorisée et marche à pied peut être mis en évidence au regard des travaux de la time-geography qui portent sur la gestion espace-temps des déplacements et des activités.

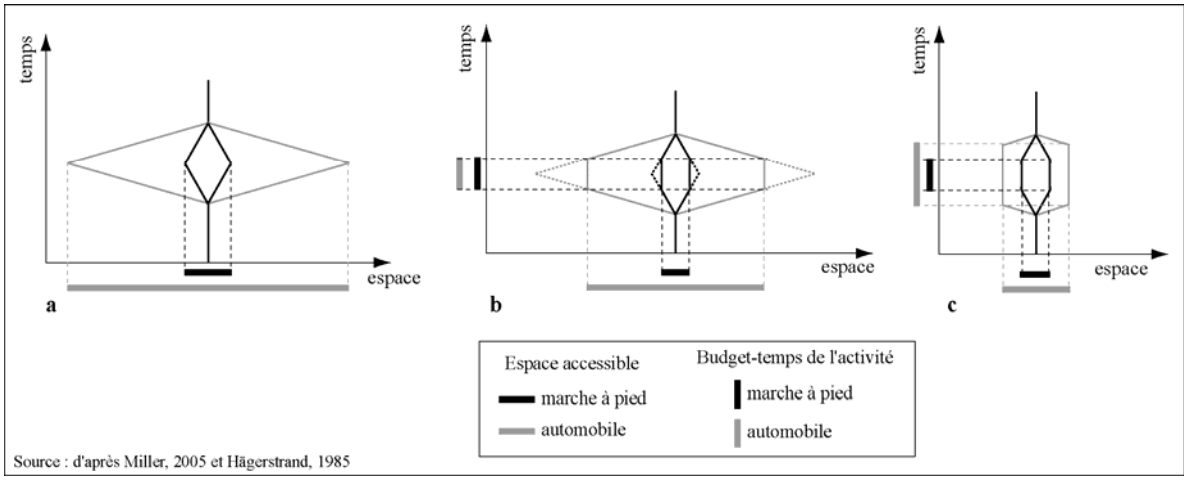


Figure 12 : Appréhender les avantages comparatifs de l'automobile par le prisme spatio-temporel

La figure 12a montre que l'automobile, à budget-temps de transport égal, donne accès à un espace potentiel plus vaste pour la réalisation d'une activité. Si l'on ajoute une contrainte temporelle à cette activité (figure 12b), cela réduit d'autant l'espace disponible, quel que soit le mode de transport. En évaluant conjointement temps de déplacement et temps d'activité, on peut constater sur la figure 12c que l'automobile présente un avantage considérable sur la marche à pied. Avec une durée de déplacement plus faible, elle permet de disposer de plus de temps pour l'activité tout en bénéficiant d'un espace de choix plus vaste (*potential path space* et *potential path area* en time-geography). La voiture permet donc une gestion spatio-temporelle optimale, créneau sur lequel la marche à pied ne peut évidemment pas faire jeu égal (Hägerstrand, 1985) : ce sont les "*bottes de sept lieues pour tous*" (Dupuy, 1995). Conséquence directe, la place de la mobilité pédestre est fragilisée, du fait de sa faible vitesse et de son rayon d'action limité. M. Dijst et V. Vidakovic (2000) proposent d'appréhender le déplacement sous l'angle d'un compromis entre le temps consacré au déplacement et le temps de l'activité car "*ils [les individus] peuvent choisir entre un temps long dans leur voisinage pour réaliser une ou plusieurs activités ou un temps court d'activité loin de leur domicile*". En considérant cet arbitrage, on comprend que le choix du mode de transport est primordial et que les modes rapides offrent plus de latitude aux individus.

Cet avantage relatif peut être appréhendé par le biais de la conjecture de Zahavi. Son auteur postule que les temps de déplacement des citadins restent stables et que les progrès des transports se sont traduits par un allongement des distances. Cet allongement, soumis à une double contrainte temporelle et monétaire (Halleux, 2001), correspond à la volonté, pour chaque individu, d'optimiser les opportunités urbaines. Ce n'est que lorsque l'une des deux contraintes est saturée que l'individu restreint son champ spatial de recherche des aménités urbaines. En France, le nombre de déplacements par personne et par jour est resté stable, autour de 3,5, malgré la hausse du taux de motorisation (la proportion de ménages possédant au moins une automobile est passé de 70 % à 76 % entre 1982 et 1994) et la création d'infrastructures de transport adaptées à des flux automobiles toujours plus conséquents. De manière identique, le temps quotidien consacré aux déplacements n'a guère progressé et

demeure de l'ordre d'une heure par jour. Ce sont surtout les distances de déplacements qui ont très vite augmenté, marquant ainsi une rupture franche avec le passé (+ 5,2 km entre 1982 et 1994) (Orfeuil, 1994). Signe de cette récession, les vitesses moyennes quotidiennes ont fortement augmenté du fait de la croissance de l'usage de véhicules motorisés (+ 6,2 km/h entre 1982 et 1994). La conjecture de Zahavi est donc fortement liée à la marginalisation des modes de déplacement peu "efficaces" en terme de rapidité (figure 13).

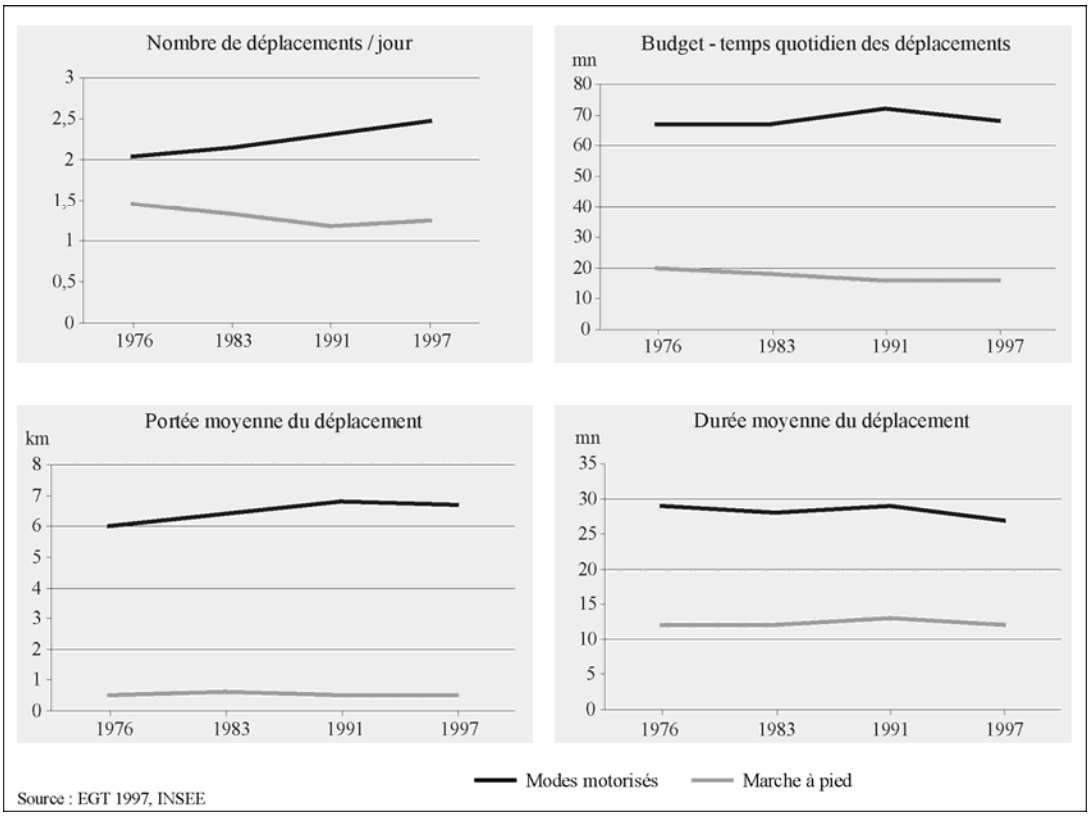


Figure 13 : Caractéristiques des déplacements selon le mode en Ile-de-France

L'abandon des modes motorisés pour la marche reviendrait donc à renoncer à des activités situées hors du champ piétonnier et on ne peut, dans ce cas, s'étonner des choix motorisés des citadins. Mais cette réflexion ne vaut que dans le cadre d'un choix modal qui serait irrévocable et finalement très peu plausible. En définitive, les citadins font fréquemment preuve, en matière de pratique modale, d'un certain manque d'objectivité. Tout se passe comme si l'automobile, devenue presque indispensable pour une multitude de déplacements, avait annihilé les capacités de choix des individus, occultant ainsi la compétitivité des autres modes pour certains trajets. On parlera dans ce cas de réflexe automobile, que V. Kaufmann (2000) explique en partie par la théorie de la dissonance cognitive et qui démontre que "*l'utilisation d'un moyen de transport donné le rend subjectivement plus performant et plus valorisé que les autres*".

1.3. De nouveaux comportements de mobilité

Si les programmes d'activité et les déplacements qui leurs sont liés sont de plus en plus complexes et motorisés, il faut aussi y voir la conséquence de changements de comportements dont les raisons sont multiples.

On relève tout d'abord une modification des motifs de déplacement au profit du motif loisirs qui donne lieu à des déplacements moins standardisés. Le nombre de déplacements domicile-travail est toujours majoritaire (0,74 déplacement par personne et par jour contre 0,36 pour les loisirs), notamment parce que les horaires de travail ont été assouplis ; mais il est proportionnellement en diminution, la réduction du temps de travail marquant l'avènement d'une société plus consumériste et qui laisse davantage de place aux loisirs. Ainsi, les déplacements de loisirs sont les seuls à avoir progressé entre 1982 et 1994 (+ 33%), principalement aux dépens des motifs travail et professionnel (-20 %) (Massot et Orfeuil, 2000). Avec la diversification des besoins, une même journée voit se succéder les motifs de déplacements et les programmes d'activités deviennent plus complexes (Bonnafous, 1993), plus diffus dans l'espace urbain. Le budget-temps de la mobilité n'augmente toutefois pas puisque le principe des vases communicants opère entre travail et loisirs (Beaucire, 2001 cité par Halleux, 2004). Le nombre de déplacements reste stable ce qui semble en apparence contradictoire mais cela s'explique par la multiplication des chaînes de déplacement qui impliquent plusieurs motifs. Les trajets aller-retour centrés sur le domicile cèdent la place à des boucles plus complexes impliquant des motifs variés et pas toujours planifiés en amont. Cette "*mobilité zigzagante*" (Bailly et Heurgon, 2001) se substitue progressivement aux déplacements à motif à unique.

Par ailleurs, la désynchronisation et la baisse du temps de travail occasionnent une réduction des pointes de trafic du matin et du soir (Wachter *et al.*, 2002), qui sont traditionnellement défavorables à l'usage de l'automobile puisque celle-ci n'enregistre que 50 % de part de marché dans ces créneaux horaire (Geffrin, 1995). Elles étalent dans le temps les déplacements, ce qui engendre également des problèmes d'adaptation de l'offre des transports en commun.

Le travail féminin, en constante augmentation, participe aussi à l'essor de la circulation motorisée. Il induit un allongement des distances domicile-travail puisque la localisation résidentielle, qui tient compte de deux lieux d'emplois en cas de double-activité professionnelle du ménage, est moins efficace. En outre, le covoiturage, présenté comme l'un des remèdes à l'omniprésence automobile, tend à disparaître au sein même de la cellule familiale (Bailly et Heurgon, 2001). Les temps quotidiens de chaque membre du ménage sont de moins en moins compatibles, ce qui favorise aussi la multimotorisation. Ainsi, les distances parcourues par un couple sont égales, à peu de choses près, au double de la distance parcourue par une personne vivant seule (Nicolas *et al.*, 2002).

Parallèlement, l'instabilité du monde du travail joue également sur les pratiques de mobilité. Les individus changent d'emploi plus souvent qu'ils ne veulent ou ne peuvent changer de domicile. L'accession à la propriété entraîne une immobilité résidentielle qui s'oppose à la volatilité du marché du travail.

La diffusion de nouveaux moyens de communication a permis de flexibiliser la gestion quotidienne des individus. Le téléphone portable, par exemple, est l'appareil du "toujours possible", du "dernier moment" et, en ce sens, incite à l'utilisation des modes de transport motorisés plus réactifs qui ne nécessitent pas de planifier à l'avance le programme d'activité.

Plus généralement, les comportements de mobilité des citadins sont liés au niveau d'instruction et au niveau social : plus ils sont élevés, plus les individus sont mobiles (Authier et Lévy, 2002). En terme de déplacements, il faut rappeler que pour une bonne partie de la population, "*la contrainte temporelle est atteinte plus tôt que la contrainte monétaire*" (Orfeuil, 1995) même si cette constatation ne doit toutefois pas faire oublier que les revenus modestes consacrent une part budgétaire importante à leurs déplacements et qu'ils sont, de ce fait, très sensibles aux variations des coûts. La hausse du niveau de vie a donc contribué à l'augmentation de la mobilité urbaine.

On note ainsi un changement général de comportement des citadins qui nourrit un processus d'individuation favorisant l'individualisation des comportements. En liaison avec ces nouvelles pratiques, la "*rationalisation du temps*" (Bailly et Heurgon, 2001) devient prépondérante, chaque individu acceptant de plus en plus difficilement les pertes de temps inopportunes souvent associées aux déplacements. De plus, la mobilité individuelle est valorisée en tant que révélateur d'autonomie et parce qu'elle permet une libre sélection des espaces urbains ; symbole de modernité, elle entraîne une baisse d'intérêt pour le local, trop restreint et incapable de répondre à toutes les attentes. Les citadins d'aujourd'hui mettent à contribution le territoire urbain dans son ensemble et organisent une concurrence entre les différents espaces. Chaque individu pratique désormais la ville à la carte ; véritable consommateur d'espace, ce dernier comble ses besoins sur des territoires multiples, à la recherche d'une satisfaction maximale. La ville devient donc un espace où tout est possible et où tout peut changer pour un citadin plus stratégique, plus individualiste et désormais allégé du poids de la proximité spatiale.

Or, la voiture est en adéquation avec ces nouveaux comportements quotidiens car elle est l'instrument du libre choix et de la flexibilité ; elle est étroitement liée au processus d'individuation (Rémy, 1996). Quel autre mode peut procurer une telle impression de liberté (Dupuy, 1995) ? En outre, c'est un espace privé, considéré comme une extension du domicile et qui agit comme un trait d'union entre le binôme domicile-ville qui correspond, rappelons-le, au nouveau mode de fonctionnement des citadins (Chalas, 2000). Ainsi, alors que la ville se spécialise, les comportements sont toujours plus individualisés et les déplacements sont moins massifiés, ce dont rend compte la "pelote urbaine" de la time-geography (figure 14). Ce constat questionne Y. Chalas (1997) : puisque la ville éclatée semble correspondre à ces nouveaux rythmes, pourquoi faudrait-il alors s'acharner à regretter la ville passée et "*ne devrions-nous pas prendre à rebrousse-poil toutes ces pseudos-certitudes sur la pseudo-nécrose des valeurs urbaines ?*". Cette question, qui reste posée, a le mérite de prendre le contre-pied des discours catastrophistes sur le fonctionnement des villes. De la même manière, J. M. Halleux (2004) affirme que les nouvelles pratiques de mobilité ont entraîné une dissociation entre urbanisation morphologique et urbanisation fonctionnelle ; il explique le

rejet de la ville émergente par le fait que les modes de pensée n'ont pas effectué la nécessaire dissociation entre ces deux formes d'urbanisation.

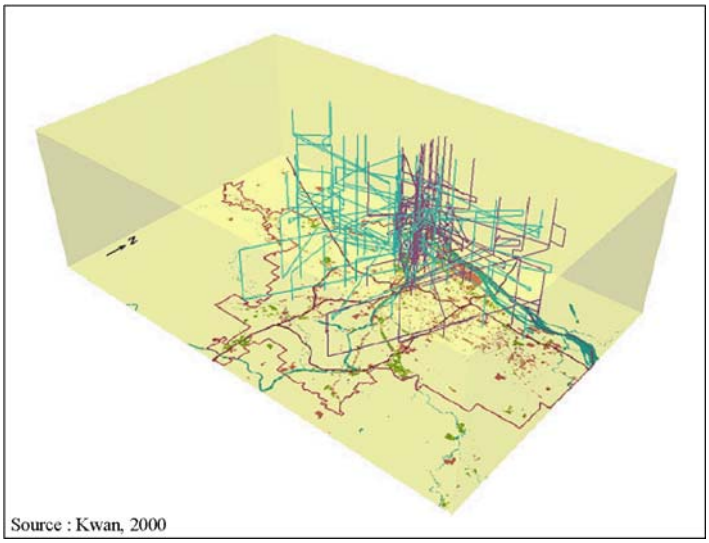


Figure 14 : Un aperçu de la complexité des déplacements urbains : le "space-time aquarium"

Il est finalement aisé de lister les causes, plus ou moins directes, des changements qui affectent les rythmes de vie et, au-delà, les villes. Mais ce sont les conséquences qui sont les plus frappantes : beaucoup de conditions sont réunies pour diluer les espaces de vie. La localisation des domiciles ne peut plus satisfaire tous les besoins et c'est la multiplication des déplacements et des espaces pratiqués qui comble cette lacune. Dans ces conditions, la marche à pied peut garder un rôle pour les déplacements de courte distance mais elle apparaît, aux yeux des citadins, comme un choix moins pratique, moins en adéquation avec les modes de vie contemporains. Surtout, elle suscite un choix fort dans la mesure où, pour ceux qui ne lui sont pas captifs, elle implique un renoncement aux modes motorisés.

2. Les conditions d'un report modal en faveur de la marche à pied

En comparant les résultats des enquêtes sur les comportements de mobilité au quotidien dans neuf pays européens, M. H. Massot et J. P. Orfeuil (2000) ont montré que la France détient, avec la Finlande, la plus forte utilisation de la voiture alors que l'Autriche, l'Allemagne et la Suisse sont à l'autre extrémité de l'échelle. Parallèlement, la bicyclette est plus utilisée aux Pays-Bas et au Danemark, la marche est plus répandue au Royaume-Uni tandis que les transports publics résistent mieux en Suisse (Bieber *et al.*, 1993b). Il faut se rendre à l'évidence, la France n'est pas exemplaire du point de vue des pratiques modales en milieu urbain et la question d'un report en faveur de modes plus durables se pose avec beaucoup d'acuité.

2.1. Des transferts modaux possibles

En nette régression depuis plusieurs décennies, la chute de la marche à pied semble enrayée depuis la fin des années 80 (figure 15). Tous les indicateurs convergent et semblent esquisser une nouvelle tendance : les citadins revendiquent plus d'indépendance par rapport à l'automobile et deviennent plus conscients de l'impact de leurs choix. Ainsi, l'hémorragie de la mobilité pédestre semble stoppée, qu'il s'agisse de la part modale dans les trajets domicile-travail, du nombre de déplacements ou des distances parcourues. Il faut d'ailleurs noter que la baisse des distances enregistrées sur la période 1974-1994 est moindre si l'on tient compte des déplacements pédestres utilisés en complément des autres modes (-32 % contre -46 %). La marche à pied est fortement sous-estimée par les enquêtes portant sur les transports car ces dernières ne prennent pas en compte les séquences piétonnières induites par les modes motorisés (Carré et Julien, 2000). Ainsi, alors que les enquêtes recensent 226 km parcourus par personne et par an, des estimations tenant compte de l'intervention de la marche dans les autres types de transport font état de 360 km parcourus (Julien et Carré, 2003). Ce constat favorable ne doit cependant pas masquer le fait que des possibilités de report modal demeurent. Les relevés en terme de distance kilométrique abondent en ce sens : un déplacement motorisé sur deux est inférieur à trois kilomètres en milieu urbain, un sur quatre est inférieur à un kilomètre et un sur huit à 500 mètres. Il n'est donc pas surprenant de constater que le potentiel de report déclaré des automobilistes s'oriente autant vers la marche à pied que vers les transports en commun (Mackett, 2003).

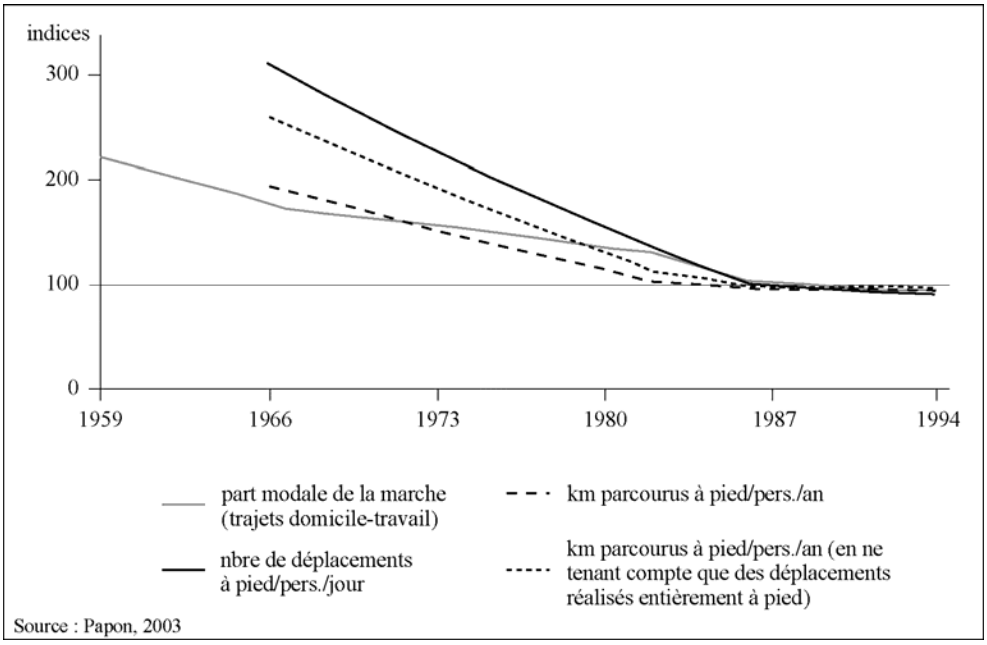


***Figure 15 : Les indicateurs de la marche** (indice 100 en 1990)*

Toutefois, les avis diffèrent en ce qui concerne la distance acceptable pour un déplacement pédestre moyen. Cela peut s'expliquer par le fait que la pratique de la marche fonctionne par paliers successifs, en fonction notamment de la disponibilité en automobile. Ainsi, les personnes qui possèdent un véhicule personnel effectuent rarement des déplacements supérieurs à 500 mètres. Cette limite monte à 700 mètres si le véhicule doit être partagé avec

une autre personne du ménage. Les sans-permis, mais qui peuvent se faire conduire, marchent dans la limite d'un kilomètre alors que les personnes non motorisées et qui n'ont pas facilement accès à un véhicule peuvent marcher jusqu'à deux kilomètres (Papon, 2003). S'il est malaisé de fixer un seuil maximum unique pour les déplacements piétonniers, la plupart des recherches s'accordent autour d'une distance moyenne d'environ un kilomètre, sachant que plus de 80 % des déplacements pédestres sont compris en 0 et 15 minutes, avec une durée moyenne quasi constante autour de 12 minutes[9]. Mais cette valeur n'est qu'indicative puisqu'elle détermine le seuil de compétitivité supposée de la marche à pied et non celui de la faisabilité (Mignot, 2001 ; Von Der Mühll, 2004).

Par conséquent, s'il est vrai que la marche à pied n'est plus susceptible de satisfaire tous les besoins de mobilité des citadins, il n'en demeure pas moins qu'un nombre considérable de déplacements motorisés pourrait être réalisé à pied. Pour s'en convaincre, il suffit d'étudier précisément la structure de ces déplacements dans les agglomérations françaises (figure 16). La part des trajets effectués sur de courtes distances est relativement importante, notamment dans les agglomérations de moins de 100 000 habitants où presque 25 % des temps de trajets sont inférieurs ou égaux à 5 minutes. Ce sont ces déplacements qui peuvent être mis en concurrence avec des types de mobilités non motorisées. Dans les grandes agglomérations, cette part est plus faible mais traduit en partie le phénomène de congestion ; cela signifie que les distances parcourues ne sont pas nécessairement plus importantes.

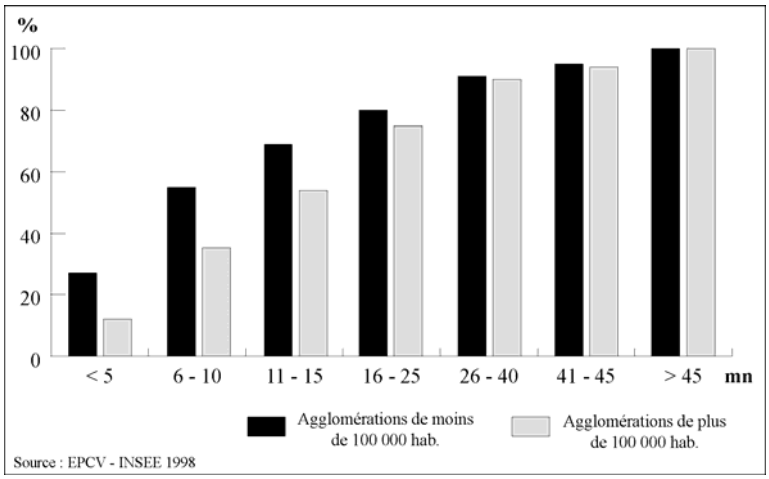


Figure 16 : Temps de déplacement moyen en véhicule personnel motorisé (INSEE : enquêtes permanentes sur les conditions de vie des ménages)

En guise de démonstration, nous confronterons ici l'efficience de chaque mode en fonction des temps de trajets car il s'agit de la valeur la plus discriminante pour les déplacements urbains. La vitesse moyenne des automobiles en milieu urbain est estimée à 22 km/h en France, chiffre qui est relativement faible notamment lorsqu'on le compare aux 14 km/h des cyclistes. En cinq minutes, cela permet à l'automobiliste d'accéder à des lieux situés dans un rayon d'action n'excédant pas 1,8 km. Or, un piéton moyen parcourt cette même distance en moins de 22

[9] - Temps nécessaire à un piéton moyen pour effectuer un déplacement d'un kilomètre.

minutes[10]. Par ailleurs, il ne faut pas omettre que le déplacement en voiture comporte un temps de stationnement ainsi qu'un trajet à pied pour rallier la destination, ce qui augmente d'autant le temps global d'un déplacement en automobile. Si l'on ajoute que les prospectives dans les grandes agglomérations sont très pessimistes, à Bruxelles la moyenne de 13,8 km/h est annoncée pour un futur proche, on comprend que la marche à pied restera concurrentielle pour les déplacements de courte distance. Au-delà des changements qui affectent les villes et les comportements de mobilité, des reports modaux sont donc envisageables ; la marche peut encore ravir des parts de marché à l'automobile. Environ 19 % des déplacements motorisés pourraient être effectués à pied sans que cela puisse induire, pour chaque trajet, une perte de temps supérieure à cinq minutes. (CEMT, 1994). Si l'on interroge d'ailleurs directement la population, on constate que 27 % des individus déclarent utiliser leur voiture sans y être contraint. Outre la longueur du trajet, cette contrainte peut prendre plusieurs formes ; il peut s'agir du besoin de diminuer le temps de transport, de la nécessité de réaliser une chaîne de déplacement, de l'accompagnement des enfants à l'école ou du transport d'objets lourds ou encombrants. Avec les personnes qui ne disposent pas de voiture et celles qui partent travailler en utilisant un autre mode de transport, on obtient une part de marché théorique importante pour les autres modes (56 %). C'est au sein de cette large proportion, composée de personnes qui ne sont pas captifs de l'automobile que les déplacements pédestres peuvent être pérennes.

2.2. Mieux cerner les besoins de la marche à pied

Dans la plupart des enquêtes, une grande majorité des personnes interrogées souhaite que la priorité soit donnée à la mobilité pédestre aux dépens des transports motorisés. Mais les comportements se calquent rarement sur les intentions déclarées. C'est un fait, la "*dépendance automobile*" des citadins persiste, s'intensifie même (Dupuy, 1999). Nombreux sont les individus qui effectuent des déplacements de courte portée en automobile sans même envisager d'opter pour un autre mode de transport (Mackett, 2003). Mais faut-il pour autant rejeter la faute sur l'individu ? S'est-on suffisamment penché sur les caractéristiques de la mobilité pédestre ? A ce sujet, le rapport d'un comité interministériel sur la recherche et la formation dans le domaine des déplacements non motorisés souligne, peut-être sévèrement[11], que les recherches sont trop rares en France (Gilbert et Faure, 2002). Plus grave encore, ce rapport note que la formation universitaire délaisse les modes non motorisés et que les programmes ne les traitent que très superficiellement. De ce fait, les intervenants du territoire, ingénieurs territoriaux, urbanistes ou architectes ne sont pas suffisamment formés aux enjeux des modes doux, qu'ils considèrent d'un point de vue uniquement utilitaire et non comme un temps vécu.

Pourtant, à bien y regarder, certains spécialistes de la mobilité et de l'urbain considèrent les déplacements de manière moins restrictive. Ainsi, pour F. Ascher (2000), "*se déplacer n'est pas seulement un moyen d'accéder à une activité, à un lieu, à une fonction. C'est aussi un temps et une activité spécifique, qui a ses qualités propres*". Par conséquent, "*le déplacement n'est pas un acte totalement transparent sur le plan du sens, bien qu'il soit (ou justement parce*

[10] - A la vitesse constante communément admise de 5 km/h.
[11] - Rappelons, par exemple, qu'un programme comme le PREDIT a initié de nombreuses recherches sur les déplacements non motorisés.

qu'il est) tellement ancré dans notre quotidien" (Petit, 2002). Il faut dénoncer la conception exclusivement "*transitive*" du mouvement (Amar, 1993), acte et expérience qui passe trop souvent au second plan (Lussault, 2005). Car, en somme, circuler n'est pas le contraire d'habiter (Sansot, 1998) et il faut examiner les déplacements sous un angle plus qualitatif : cela reviendra à considérer les individus comme de véritables acteurs de leur mobilité.

Or, comme le rapport à l'espace urbain est dépendant du mode utilisé, la mobilité pédestre doit, plus que toute autre, être appréhendée en fonction de ses spécificités.

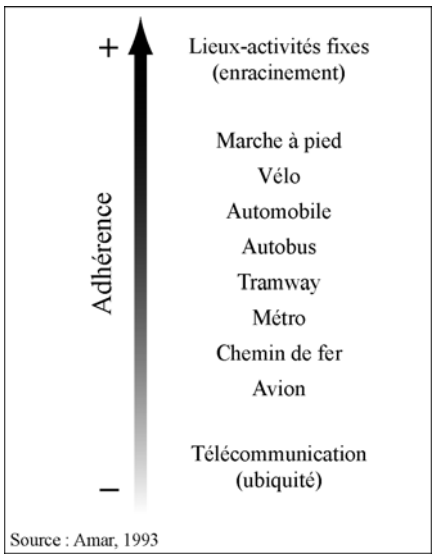


Figure 17 : Interaction entre modes de transport et territoire

Le concept d'adhérence, qui symbolise pour chaque individu et en fonction du mode choisi le degré d'interaction avec l'espace du mouvement (Amar, 1993), distingue la marche des autres modes parce qu'elle induit, pour celui qui la pratique, une immersion complète dans l'environnement (figure 17). La mobilité pédestre est en effet un temps moins neutre que les modes motorisés car le piéton est plus sensible à l'espace en tant que support du déplacement. En conséquence, la marche peut être assimilée à une "*couture à petits points de l'espace urbain*" (Amar, 1993) qui maintient un besoin de proximité physique au sein des villes. Si l'on souhaite préserver la mobilité pédestre en tant qu'alternative potentielle, il faut donc favoriser cette proximité et faire en sorte que l'espace public ait un sens pour les déplacements lents. Cette conception est à opposer aux territoires de l'automobile car "*plus la densité décroît, plus les choses se compliquent. L'espace urbain se dilue en voies primaires bordées de talus qui mènent d'un giratoire à un autre sans que l'on ait eu le temps de savoir où l'on est*" (Panerai *et al.*, 1997).

Plus qualitative, délibérément choisie, la marche symbolise une autre manière de pratiquer l'espace urbain. Encore faut-il que le piéton y trouve une quelconque satisfaction, ce qui implique de prendre davantage en considération les besoins de la marche à pied.

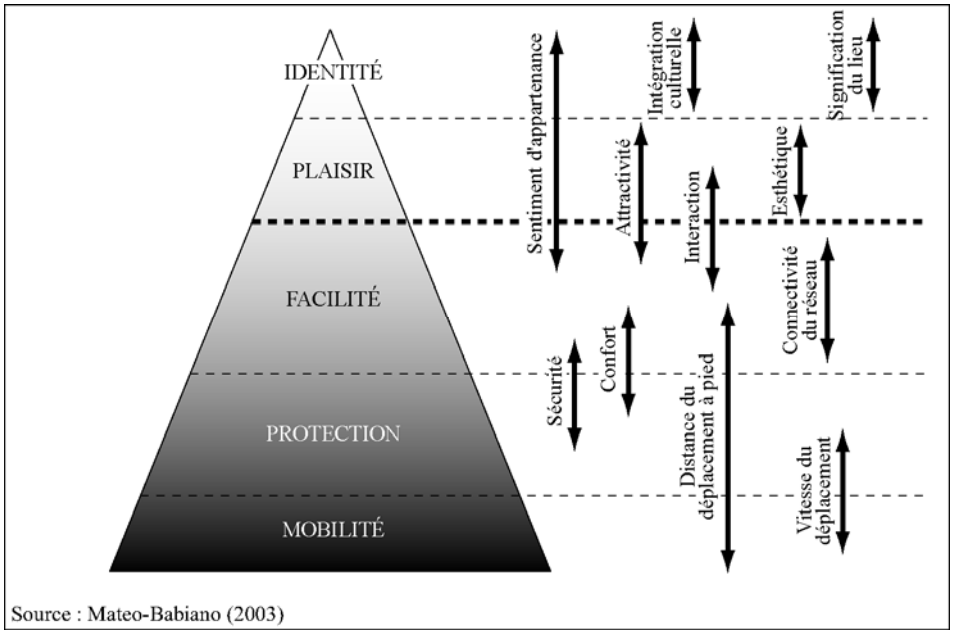


Figure 18 : Hiérarchie des besoins de la mobilité pédestre

Il est possible d'ordonner ces besoins selon cinq niveaux (Mateo-Babiano, 2003) (figure 18). Naturellement, le premier est celui qui correspond au besoin de se déplacer ; mais il faut aussi, dans l'idéal, que le déplacement se fasse dans des conditions sûres, aisées et qui garantissent plaisir et identification. La mobilité pédestre recouvre donc de nombreuses exigences, ce qui fait dire à Y. Geffrin (1995) que "l*a marche à pied est le révélateur de la qualité de l'urbain*". Bien qu'ils soient interdépendants, ces besoins sont hiérarchisés et l'on comprendra facilement qu'un piéton n'attachera que peu d'importance à l'esthétique urbaine si celui-ci éprouve un sentiment d'insécurité lié à l'automobile par exemple : on parlera de besoins gigognes[12].

Sur la figure 18, le trait horizontal gras symbolise le seuil maximal de prise en compte des besoins pédestres dans beaucoup de travaux traitant de la marche à pied ainsi que pour la réalisation d'aménagements urbains. Urbanistes et économistes travaillent davantage sur les trois niveaux inférieurs et il faut se tourner du côté de la sociologie ou de la psychologie pour franchir ce seuil qui isole deux composants essentiels de la mobilité pédestre (Thomas, 2004). V. Kaufmann (2004b), qui propose d'appréhender la mobilité comme un capital à travers le concept de motilité, insiste sur la nécessité d'étudier "*la manière dont un individu ou un groupe fait sien le champ du possible en matière de mobilité et en fait usage pour développer des projets*". Cela renvoie, entre autres, à la capacité de s'approprier les lieux du déplacement et donc à l'identité et au plaisir. La mobilité pédestre n'est donc pas qu'affaire de technique. Satisfaire l'ensemble de ces besoins devrait contribuer à revaloriser les modes doux. Les politiques urbaines qui ont considéré, jusque dans les années 1970, les usagers des villes comme des "*citoyens lambda, dont les besoins sont connus, les modes de vie sans mystère, les pratiques décryptées et les conduites rationnelles*" (Segaud, 1996) éprouvent encore des difficultés à reconnaître l'intérêt de ces besoins plus subjectifs.

[12] - Ce concept s'inspire de la hiérarchie des besoins humains que Maslow a imaginé dès 1948.

Par ailleurs, on remarquera que la marche à pied et la mobilité motorisée sont deux modes particulièrement antagonistes. Une amélioration en faveur de l'un nuira très souvent à l'autre. Par exemple, la vitesse et le nombre des véhicules motorisés suscitent un danger réel et un sentiment d'insécurité qui entraîne l'abandon des modes doux. Il en va de même pour les effets de coupure, occasionnés par les infrastructures routières, qui allongent les déplacements tout en engendrant des comportements à risques comme les traversées en dehors des passages pour piétons (Héran, 2000). Les piétons enquêtés citent d'ailleurs l'insécurité comme la principale cause du manque d'attrait pour la marche à pied (Ovstedal et Olaussen, 2004 ; Ovstedal *et al.*, 2002 ; CEMT, 1994). Ces résultats sont confirmés par le fait que les accidents de piétons surviennent souvent aux abords des grandes voies de circulation. Les modes motorisés sont aussi responsables d'autres désagréments pour les piétons. Nuisances sonores, pollution, stationnement illicite… dégradent les conditions de la marche à pied.

2.3. D'inégales capacités à accepter le report modal

Œuvrer en faveur d'un report modal nécessite une connaissance fine des pratiques de mobilité. Mais le lien n'est évidemment pas causal entre amélioration des conditions de la mobilité pédestre et abandon de l'automobile car les bonnes volontés affichées se heurtent aux attitudes individuelles. Nous reprenons ici, en guise d'illustration, une étude de V. Kaufmann (2003) qui, bien qu'appliquée aux transports publics, reflète la diversité des comportements face aux possibilités d'un report modal.

Ce sociologue recense, sur la base d'enquêtes, quatre types de comportements de choix modal entre automobile et transports en commun[13] (figure 19). Les "*automobilistes exclusifs*" choisissent leurs destinations en fonction des facilités liées à l'usage de l'automobile et se désintéressent des offres alternatives. Si des mesures contre l'automobile sont instaurées localement, cela entraîne un report des activités de ces individus en d'autres lieux de la ville, ce qui justifie les inquiétudes des commerçants des centres-villes devant l'instauration de mesures restreignant l'usage de l'automobile dans les centres historiques par exemple. Les périurbains, au comportement pro-automobile et qui utilisent leur véhicule pour les déplacements courts font partie de cette catégorie. Ces automobilistes exclusifs restent donc quoi qu'il arrive hermétiques à l'offre des transports publics. A l'opposé, les "*écologistes civiques*" consentent à faire de gros sacrifices en terme de temps ou de facilités de transport. Ces deux premiers types sont assez radicaux et ne fondent pas leurs comportements sur une comparaison objective de l'offre automobile/transports publics. Les "*automobilistes contraints à l'usage des transports publics*" ont une nette préférence pour l'automobile mais des politiques restrictives comme la limitation du stationnement peuvent infléchir ce choix modal. Les "*usagers sensibles à l'offre des transports publics*" sont les seuls à mettre en concurrence les différents modes pour maximiser l'efficacité du déplacement. Le report modal potentiel vers les transports publics en fonction des politiques mises en œuvre (incitatives ou restrictives) se compose de ces deux derniers types d'usagers.

[13] - On retrouve une catégorisation quasi similaire dans Handy *et al.* (2005).

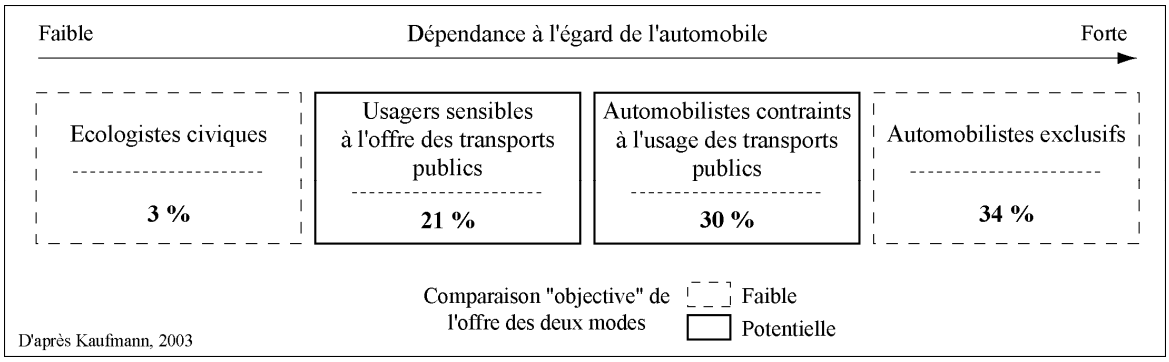


Figure 19 : Offre des transports publics et comportements modaux, l'exemple de Besançon

On voit, à travers cette étude, les limites que peuvent rencontrer les politiques instaurées face à des niveaux d'exigence individuels très hétérogènes. Néanmoins, les différences relevées par V. Kaufmann (2003) entre les villes qu'il a étudiées prouvent que cette répartition n'est pas définitive. La définition de politiques urbaines doit permettre de minimiser le décalage qui existe déjà entre avantages réels et perçus au sujet de la mobilité motorisée.

3. Nouvelles politiques urbaines

Longtemps, l'automobile a permis une gestion du temps et de l'espace presque idéale pour les individus, grâce à des politiques urbaines qui faisaient le jeu de la mobilité motorisée en préservant les capacités circulatoires des villes. La croissance de la mobilité motorisée[14] aurait pu éroder les avantages de l'automobile si les problèmes de congestion n'avaient pas été, dans la mesure du possible, gommés par les pouvoirs publics. Il n'y a donc pas eu de régulation naturelle de la mobilité et les aménagements voués à faciliter les déplacements ont contribué à façonner les villes à la mesure de l'automobile (Dupuy, 1995).

Néanmoins, les conséquences des décisions urbanistiques sur les transports urbains sont aujourd'hui moins sous-estimées par les décideurs. Il est désormais acquis que les déplacements sont dépendants des politiques urbanistiques ; ils sont, à ce titre, activement associés aux réflexions menées sur les villes. Les aménagements actuels, plus équilibrés du point de vue du partage modal, visent à réduire les avantages des véhicules motorisés. Toutefois, le débat reste ouvert sur les orientations à privilégier pour les années à venir et les questionnements restent nombreux. Seule certitude, les urbanistes doivent, avec les responsables d'agglomération, "*gérer les tensions et trouver les compromis entre la ville à produire, la ville à habiter et la ville à vivre et à voir*" (Bieber *et al.*, 1993b).

[14] - Le nombre moyen de véhicules par ménage est passé de 0,75 en 1976 à 0,96 en 1991 et tend à stagner depuis.

3.1. Quelle politique urbanistique aujourd'hui ?

En rupture avec la démarche planificatrice qui eut cours, l'urbanisme actuel est davantage accompagnateur et peut être décomposé en trois grands courants (Ascher, 1995a) :

- le chaos urbain qui laisse la ville se faire par elle-même. Il postule que le résultat des actions privées et individuelles est toujours supérieur à une politique trop précisément définie et annihilante. Sûrement faut-il voir dans ces politiques la volonté de ne pas rééditer les erreurs des années 60-70 ;
- l'urbanisme, mimétisme du libéralisme, prônant les pleins pouvoirs du marché mais qui fut un échec lorsqu'il fut expérimenté ;
- le management urbain dans un contexte de questionnement sur ce que sera la ville de demain, héritier de certaines règles du monde de l'entreprise. Il ne cherche plus à contrôler totalement les dynamiques urbaines, il les oriente, les initie. Des objectifs sont fixés mais il n'existe pas de solution unique et reproductible à l'infini. C'est cette conception de l'urbanisme à laquelle nous adhérons. Sans certitude définitivement établie sur les moyens à mettre en œuvre mais fixant des objectifs relativement précis pour la ville, elle est le gage d'une maîtrise plus accomplie de l'espace urbain. Du reste, il semble que les urbanistes tendent à suivre ce chemin, plus prudent et plus modeste que son prédécesseur planificateur (Paulet, 2000).

En liaison avec ce courant, J. Frebault (2002) énumèrent les enjeux futurs de l'urbanisme :

- redynamiser les centres anciens pour éviter une périurbanisation excessive ;
- lutter contre la spécialisation sociale des territoires ;
- développer la complémentarité entre ville pédestre et ville motorisée car la ville agglomérée et la ville dispersée ne doivent plus être systématiquement opposées ;
- limiter la dépendance à l'automobile en jouant sur les leviers que sont les politiques de déplacements et la mixité urbaine.

Cette synthèse des aspirations actuelles semble être le prolongement des lois qui ont progressivement intégré les enjeux de la mobilité urbaine.

3.2. La législation, symbole d'un prise de conscience des pouvoirs publics

Les préoccupations des pouvoirs publics sur la mobilité urbaine sont allées croissant depuis quelques années. Ce crescendo peut être fidèlement suivi en énumérant la succession de lois qui ont été adoptées et qui fixent les jalons d'une mobilité plus réfléchie. Toutes contribuent à établir les bases d'un avenir urbain plus en adéquation avec les termes de la mobilité durable.

La **loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI)** (1982) est un texte fondateur dans le domaine du partage modal puisqu'il fut l'un des premiers à stipuler que la politique des transports de personnes devait tendre vers un "*développement harmonieux et complémentaire*". Dans cette loi, il n'est plus uniquement fait référence à une optimisation technique des transports. On voit en effet émerger des préoccupations qui sont encore d'actualité aujourd'hui

et qui recouvrent préservation de l'environnement, de la sécurité, utilisation rationnelle de l'énergie et plus généralement aménagement urbain. L'objectif affirmé est de garantir le droit au transport et une accessibilité relativement égale pour tous. Les plans de déplacements urbains (PDU) constituent l'une des mesures phares de cette loi ; elle les a instaurés mais sans fixer d'obligation légale. C'est pourquoi leur influence n'est réellement devenue effective que depuis 1996, date de promulgation de la **loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE)**.

Cette loi comporte de nombreux volets sur les mesures à prendre en ville, par nature l'un des milieux les plus exposés à une diminution de la qualité de l'air et aux conséquences néfastes inhérentes. Ce sont les autorités compétentes pour l'organisation des transports et la gestion des infrastructures qui doivent prendre les mesures nécessaires notamment en centrant le débat sur le difficile problème de la gestion de la mobilité urbaine. La loi incite ces mêmes autorités à faire un bilan des pratiques de mobilité dans les agglomérations urbaines. Le but est d'estimer le coût pour les individus et plus globalement pour la collectivité de la situation observée et de proposer des solutions pour y remédier. Pour ce faire, elle a renforcé les PDU, qui déterminent, au sens large, l'organisation des transports en milieu urbain. L'objectif est d'assurer un "*équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé, d'autre part*". En d'autres termes, ce sont les bases d'une "*mobilité durable*" au service de l'environnement urbain qui sont énoncées.

Obligatoire pour les agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants[15], les PDU doivent favoriser le développement des modes alternatifs pour que chacun ait "*le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé*" selon le texte de loi. Globalement, ils fixent les grandes orientations des agglomérations en déterminant une politique précise de gestion et de planification des transports urbains. L'élaboration du plan consiste en une démarche de coordination entre les nombreux partenaires qui concourent, selon leurs compétences, à faire la ville (CERTU, 1996). Dans le texte, la notion d'harmonisation des politiques des différents acteurs des aires urbaines est ainsi primordiale. Souvent ambitieux, les PDU tendent vers un développement harmonieux rendant chaque mode de transport attractif. Ils sont conçus dans l'optique de rétablir en partie, au sein des agglomérations, l'équilibre rompu entre les différents modes. Pourtant, et il s'agit là de l'un des principaux écueils des PDU, nombreux sont les préceptes qui restent inaboutis. V. Kaufmann (2004a) regrette l'effet d'annonce et l'ambition avortée de nombreux PDU. Selon les agences d'urbanisme, les politiques urbaines sont trop fragmentées et souffrent d'un manque de coordination thématique, géographique et institutionnelle (Sozzi, 1997) et les PDU ne dérogent malheureusement pas à ces approches trop cloisonnées. Ainsi, J. M. Offner (2003) constate "*la faiblesse des réflexions systémiques*" alors que les actions ponctuelles et isolées ne font que masquer le problème tout en l'amplifiant. Par ailleurs, cet auteur dénonce des calculs inadaptés car basés sur des objectifs de partage modal alors que le critère véhicules-kilomètres est le seul indicateur rigoureux qui témoigne de la réalité des déplacements urbains. Toutefois, en terme de planification urbaine,

[15] - Obligation légale à la charge de l'autorité organisatrice de transport.

les PDU présentent l'avantage de remplir de nombreux objectifs fixés dans divers textes de lois (Petit, 2002) et en constituent l'aboutissement en facilitant l'application des directives.

La loi sur la solidarité et le renouvellement urbain (SRU) (2000) entérine l'utilisation "*économe et équilibrée*" des espaces urbains et périurbains notamment par une "*maîtrise des besoins de déplacement et de la circulation automobile*". Le maintien ou l'amélioration de la qualité de l'air, la réduction des nuisances sonores, la sauvegarde des ensembles urbains remarquables et du patrimoine bâti figurent parmi les objectifs principaux de cette loi. En outre, elle préconise le "*maintien de la diversité des fonctions urbaines et la mixité sociale dans l'habitat urbain*", entérinant en quelque sorte les échecs d'un zonage monofonctionnel excessif et inefficace. Par exemple, l'idée d'un "*équilibre entre emploi et habitat ainsi que des moyens de transport*" rejette la dissociation systématique entre bassins d'emploi et zones d'habitat. La SRU insiste donc sur la cohérence des actions menées entre déplacements et habitat notamment et institue dans cette optique la création de schémas de cohérence territoriale (SCOT). Les SCOT définissent des objectifs de développement du territoire[16] qui dépassent les limites de la commune centre (Ecrement, 2002).

Toutes ces lois ont constitué des avancées en terme de planification urbaine et témoignent d'une prise de conscience des pouvoirs publics même si, à l'image des PDU, elles ne sont pas toujours aussi efficaces que prévu.

3. 3. Un exemple emblématique : le nouveau partage de la voirie

Parmi les mesures les plus visibles figure le réaménagement des rues en faveur des modes non motorisés. Les orientations actuelles, qui mettent en œuvre une large panoplie de mesures, visent à "*aménager la voirie afin d'orienter les comportements*" pour qu'ils deviennent autorégulés et non plus contraints (Héran, 2002). Ces nouvelles dispositions semblent marquer "*la fin de la conception de la ville pour l'automobile*" (Papon, 2003) et rétablissent la rue dans sa fonction d'espace public dévolu à tous les citadins et à la diversité des pratiques. A ce titre, elles ne luttent pas aveuglément contre l'automobile mais œuvrent plutôt pour un meilleur équilibre et une complémentarité entre modes de transport (Wachter *et al.*, 2002).

L'ancienne doctrine, élaborée entre les années 50 et 70, favorisait le trafic automobile et l'accroissement de l'espace de circulation pour limiter la congestion, à tel point que la rue était devenue monofonctionnelle (Mignot, 2001). Celle qui lui a succédé, à partir des années 90, tient compte de l'ensemble des usagers et répartit plus équitablement l'espace viaire entre les modes. Il n'est nul besoin de décrire plus précisément les exemples d'aménagements rapportés dans le tableau 3 ; très courants, ils témoignent du changement notable des politiques de circulation urbaine même si ces aménagements se situent encore préférentiellement dans les centres-villes. F. Héran (2002) milite pour la généralisation de ces nouvelles mesures, arguant qu'elles seront les plus capables de limiter la dépendance automobile car "*l'essor considérable de ce mode ne s'explique pas d'abord par le penchant des hommes pour cette machine ou pour leur désir de vivre au vert, et encore moins pour la structure étalée des villes contemporaines,*

[16] - En terme d'habitat, de développement économique, de services, de déplacements.

mais tout simplement par la grande efficacité de l'automobile comparée à celle des autres modes". Ce faisant, il pointe du doigt les orientations politiques passées qui ont conféré trop d'avantages à l'automobile.

Ancienne doctrine Faciliter le trafic automobile pour limiter la congestion	Nouvelle doctrine Tenir compte de l'ensemble des usagers de la voirie
Elargissement des chaussées au détriment des trottoirs, des plantations, des transports publics	Réduction de la largeur de la chaussée dès que le trafic automobile ne justifie pas la largeur existante
Utilisation de toutes les rues pour assurer la circulation	Création de boucles de desserte, de sens uniques alternés…
Mise à sens unique de voiries à deux voies ou plus pour faciliter l'écoulement du trafic	Remise à double sens de certaines voiries, instauration de contresens cyclables pour redonner un caractère urbain à la rue
Accroissement de la vitesse, tolérance pour les excès de vitesse	Modération de la vitesse : extension des zones 30, excès mieux réprimés…
Limitation des trottoirs à la seule fonction de circulation des piétons	Elargissement des trottoirs pour accroître la vie locale
Création d'aménagements cyclables quand l'espace est disponible	Création d'un réseau cyclable continu et maillé
Accroissement des possibilités de stationnement	Utilisation du stationnement pour contrôler la circulation

Tableau 3 : Deux époques, deux logiques d'aménagement de la voirie (Source : Héran, 2002)

Par rapport à d'autres pays européens, F. Ascher (2000) note que les politiques alternatives peinent encore à s'imposer au tout automobile en France. En Grande-Bretagne, certaines solutions sont plus radicales comme le prouve l'expérience très médiatisée du péage urbain de Londres, que A. Bieber *et al.* (1993b) qualifient d'approche économique orthodoxe de régulation des déplacements. En Suisse, l'exemple du stationnement est frappant puisque, à titre de comparaison, l'agglomération de Berne qui compte environ deux fois moins d'habitants que Toulouse, ne totalise que 3 800 places de parking contre plus de 29 000 dans la ville rose (Kaufmann, 2003). Ce pays est d'ailleurs très dynamique en terme de politiques favorables aux piétons puisqu'il décerne des prix d'innovations pour la mobilité piétonne aux villes mettant en œuvre des projets innovants. En Allemagne, les zones à vitesse modérée sont beaucoup plus répandues (encart 2).

L'objectif de ces expériences n'est pas d'adopter une position, par ailleurs intenable, qui consisterait à nuire à l'automobile à tout prix mais plutôt de faire en sorte de "*conjuguer l'urbanité, la qualité de vie de nos cités avec les latitudes et les nouvelles possibilités de mobilité offertes par l'usage de la voiture*" (Wachter *et al.*, 2002). Et, plus généralement, "*la diversité des moyens de locomotion et de traction, la diversité des directions, des vitesses, des destinations, toute cette multitude incalculable des choses si différentes, si hétérogènes, qui circulent sur la voie, requiert, dans l'intérêt général, des solutions adéquates au fonctionnement particulier de chacun de ses éléments, selon la nature de chaque mouvement*" (Cerda cité par Dupuy, 1991). Il semble d'ailleurs que les décisions prises en ce sens soient bien accueillies par l'opinion publique pour peu que celle-ci soit concertée en amont et suffisamment informée.

La ville de Fribourg-en-Brisgau, qui compte 200 000 habitants, a développé depuis plus de 30 ans, une politique des déplacements fondée sur une réduction du trafic motorisé individuel au profit des transports publics, du vélo et de la marche.

▪ Le centre ancien est piéton depuis 1970 et uniquement accessible aux transports publics. Il est resté vivant grâce à l'implantation de nouveaux équipements importants.
▪ Les vitesses de circulation ont été modérées : depuis 1990, près de 90 % des habitants de la ville vivent dans une zone 30 km/h.
▪ De nombreuses mesures ont été réalisées en faveur des cyclistes et un centre des mobilités douces a vu le jour.
▪ La ville a conservé son tramway et mené une politique volontariste pour les transports publics.

Aujourd'hui, cette politique est un succès comme en attestent les chiffres de la mobilité. Si le nombre de déplacements a augmenté entre 1976 et 1999, la part de l'automobile est passée de 60 % à 37 %.

Source : D. Von Der Mühll (2004)

Encart 2 : Fribourg-en-Brisgau, une politique des déplacements réussie

3.4. Pour une meilleure prise en compte des besoins des piétons

En effet, ces réalisations ne pourront se faire sans l'assentiment de citadins qui aspirent à davantage de concertation dans les processus de prises de décisions. L'approche holiste qui impose des mesures de contrôle de la mobilité motorisée sans tenir compte des attentes des individus (Bieber *et al.*, 1993b) n'apparaît pas comme une solution d'avenir et les actions collectives pourront de moins en moins s'opérer sans une reconnaissance et une prise en compte de l'échelon individuel (Norynberg, 2001) ; cela passe par l'instauration d'une démocratie participative (figure 20). Pourtant, P. Percq (cité par Norynberg, 2001) note que : "*l'idée même que les habitants des quartiers populaires puissent avoir leur mot à dire, avec leur propre forme d'expression, et être considérés comme des acteurs, reste incongrue dans la caste des décideurs […] Demande-t-on à un malade d'être médecin ?*" Cette attitude technocratique doit laisser la place à une prise en compte du vécu et des pratiques des citadins, comme le préconise une circulaire du gouvernement pour les politiques de la ville qui rappelle que "*le maire doit organiser une concertation pour toute action ou opération d'urbanisme qui, par son ampleur ou par sa nature, modifie substantiellement les conditions de vie dans les quartiers*". Une fois réalisés, les aménagements doivent aussi être évalués au regard du niveau de satisfaction d'individus dont les attentes ont évolué. Parallèlement, les travaux scientifiques, en théorie plus objectifs, peuvent jouer un rôle d'orientation et de médiation essentiel. C'est dans cette optique que devra être gérée la nouvelle ère urbaine, celle du renouvellement du tissu existant, et qui implique l'adoption de nouvelles manières d'appréhender et d'accompagner les évolutions modernes.

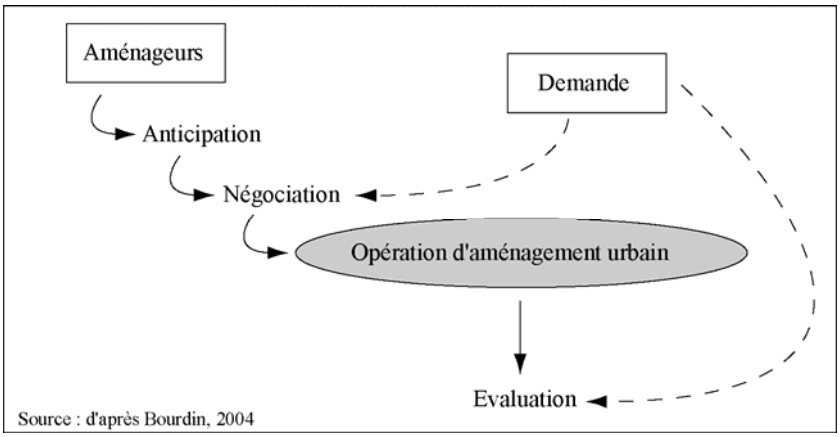


Figure 20 : La démarche participative d'aménagement urbain

L'heure n'est en effet plus aux grands projets planificateurs mais à la retouche urbaine plus ponctuelle, "*stratégique*" et "*interactive*" (Dubois-Taine, 1997) Les efforts portent désormais davantage sur les réaménagements et la requalification des espaces déjà construits (Dubois-Taine et Pellecuer 1996, Laterrasse, 1996) car la principale phase d'essor du bâti est révolue. Le renouvellement du tissu urbain s'est donc accéléré ces dernières années, allant d'une simple densification à la reconversion de bâtiments ou d'îlots entiers. Il peut prendre la forme de reconversions fonctionnelles (remplacement d'une usine par des habitations par exemple) mais aussi de rénovations (démolition des grands ensembles, reconstruction…) et de réhabilitations (réaménagement sans destruction préalable) portant sur le bâti existant.

Le défi actuel consiste donc à gérer les changements de la ville et non plus uniquement à en penser les extensions. Cela engendre un profond remaniement des objectifs mais permet aussi de redéfinir, réadapter, réaffecter et requalifier la ville. Pour ce faire, il faut notamment réintroduire de la mixité là où elle avait disparu en créant un espace "*multi-monocentrique*" (Gaschet, 2000) et revaloriser les quartiers sensibles. Mais cela peut aussi être l'occasion d'enrichir les réflexions sur la ville. Il faut notamment y voir une opportunité de repositionner le paysage comme "*principe ordonnateur de la ville*" (Ascher, 1995a). Car l'espace public sur lequel peuvent agir les urbanistes est par définition celui qui donne à voir la ville à ceux qui la parcourent. Associé au partage de la voirie, il peut permettre de redynamiser la marche à pied. Si cet impact du visible est de moins en moins sous-estimé, il reste toutefois à définir les règles sous-jacentes, les préférences des citadins pour tel ou tel type de paysage et à les prendre en considération dans le cadre des politiques futures.

Conclusion

Ce chapitre a montré que des changements de comportements de mobilité sont possibles sans que cela n'occasionne de désagréments notables pour les citadins. La marche à pied, malgré son faible rayon d'action, reste compétitive, principalement parce que les temps de déplacements motorisés augmentent régulièrement. Ce constat, associé à la relative stagnation de la marche, incite à se questionner sur les raisons d'une absence de transfert modal. Les

nouvelles politiques urbaines qui œuvrent en ce sens sont certes porteuses d'espoir mais d'autres mesures peuvent être proposées dans le but de favoriser la mobilité pédestre. En effet, on ne peut à la fois inciter à la pratique de la mobilité pédestre et ignorer la diversité des besoins des piétons. Aux questionnements sur les conditions de marche à pied, nous répondrons donc par un élargissement de la problématique aux paysages urbains en postulant que la valorisation de la dimension visuelle donnera plus de sens à la rue en tant que lieu d'accueil du piéton (Litman *et al.*, 2003). Cet aspect paysager sera abordé dans le chapitre suivant.

Chapitre 3

Pour une intégration du paysage dans les réflexions sur la mobilité pédestre

Le paysage n'a longtemps été qu'une dimension secondaire des politiques urbaines. A partir de la fin des années 70, les décideurs ont attaché plus d'importance à la qualité de vie des citadins. De ce fait, la rue a commencé à retrouver sa double fonction de fournisseur d'accès et d'espace public. Mais à l'époque, il existait "*un hiatus qualitatif entre les pratiques vécues et la représentation des pratiques*". Ainsi, "*au moment critique (celui de la décision en général) le code de la production absorbe celui de l'usage*" (Augoyard, 1979). C'est notamment pour cette raison que le paysage enregistre actuellement un regain d'intérêt car trop d'espaces ont été conçus "*sans tenir compte du point de vue de l'habitant*" et sont donc inhabitables (Collot, 1986). En voie de résorption, cette rupture qualitative n'a pas totalement disparu aujourd'hui et les attentes paysagères des citadins ne sont que partiellement connues. Parallèlement, les connaissances sur les comportements pédestres et les mesures susceptibles d'encourager la marche restent incomplètes (Kerridge *et al.*, 2001). Les paysages sont peu présents dans les questionnements sur la marche à pied alors même qu'ils constituent une entrée non négligeable de la relation du piéton à son environnement. Un effort doit donc être fourni pour préciser la liaison qui unit mobilité pédestre et paysages urbains. Au-delà, la définition des préférences paysagères des piétons pourra être considérée comme le préambule d'une définition des attentes paysagères des citadins.

1. Vers une définition du paysage urbain

1.1. Le paysage, un élément essentiel du vécu urbain

Les mutations récentes de l'organisation des villes contraignent les comportements des citadins et il serait illusoire d'espérer un changement profond des pratiques de déplacements en milieu urbain. Toutefois, concernant les déplacements pour lesquels plusieurs choix modaux sont possibles, nous pensons qu'un ensemble de mesures incitatives peut s'avérer utile au sein d'une population qui prend davantage conscience des conséquences de ses choix en matière de transport. Mais puisqu'il est encore hypothétique d'escompter un réflexe citoyen à grande échelle qui verrait les individus associer à chaque type de déplacement un mode de transport choisi de manière rationnelle, il faut donc agir sur les déterminants du choix des modes de transport. J. R. Carré et A. Julien (2000) ont par exemple noté que la qualité de l'espace public influence beaucoup le choix de la marche à pied comme mode déplacement et qu'un espace mal perçu peut tout à fait impliquer un renoncement. Or, il s'avère que la notion d'ambiance est fortement liée à la marche à pied. Comme nous l'avons dit précédemment, le potentiel de report modal au profit de la marche est de l'ordre de 19 %. Au sein de cette part de la population, les raisons pour lesquelles les personnes délaissent la marche à pied sont multiples. Alors que 45 % des enquêtés avancent le non-argument du libre choix, 20 % d'entre eux déclarent que c'est l'ambiance de la ville qui leur déplaît. Ce chiffre dépasse même les scores atteints par la peur de perte de temps ou de confort (CEMT, 1994) !

En France, chaque individu parcourt en moyenne un kilomètre en marche à pied par jour (Julien et Carré, 2003). C'est donc ce moment de la vie quotidienne de chaque citadin que les décideurs ont trop longtemps négligé, considérant, à tort, le piéton comme un simple consommateur peu critique et peu regardant sur l'environnement urbain. Les aménagements réalisés ont ainsi cherché à faciliter les déplacements mais pas à les valoriser. La rue en tant que lieu d'interaction, de coprésence, de sociabilité a été déniée avec l'avènement de l'automobile. Devenues support de flux, les rues étaient dévolues à la circulation et n'étaient plus que des espaces de transition ; elles furent le fruit d'un urbanisme qui ne concevait plus la ville, ce qui donna naissance à ce triste constat : "*les rues sont devenues des routes*" (Cupers et Miessen, 2002). Mais la rue n'est plus si vide de sens… elle tend à redevenir, depuis quelques années, un support moins neutre qui fait l'objet de toutes les attentions en tant qu'espace public perçu et vécu. Dans cette optique, N. Bachofen et R. Tabouret (1995, in Chalas, 2000) soulignent que les artères spécialement dédiées à la circulation automobile ne peuvent susciter autant d'attention, d'un point de vue architectural, que les rues "classiques" sur lesquelles doit se porter l'essentiel des réflexions.

A ce titre, le paysage est un remarquable outil de requalification du temps de déplacement car il permet de sortir d'une conception trop morphologique de l'urbain. La piste paysagère, rarement explorée, peut s'avérer être un instrument de revalorisation des ambiances urbaines auxquelles les piétons sont attachés. Pour cela, le paysage doit intégrer la problématique des déplacements urbains en apportant un aspect plus qualitatif aux réflexions menées. De leur côté, les pouvoirs publics doivent davantage se pencher sur la qualité des lieux urbains en tant

qu'espaces de mobilité car "*si les formes urbaines sont actives c'est d'abord en tant qu'objets perçus, donc en tant qu'images*" (Allain, 2004). Le paysage est l'interface entre les fonctions urbaines et les citadins qui pratiquent la ville. Il faut donc, selon A. Bailly (1995), "*aborder la ville au-delà de la fonctionnalité de son bâti et de ses structures*". Il reste toutefois à expliciter la signification du paysage urbain, largement dénié dans son existence même.

1.2. Le paysage urbain : une réalité méconnue

L'espace urbain n'est pas seulement pratiqué et fonctionnel, il est également visible, perçu et par conséquent jugé. C'est le concept de "*droit de regard, droit de visite*" (Ascher, 1995a) auquel nous souscrivons pleinement. Mais si la ville se donne constamment à voir, rares sont pourtant les citadins qui considèrent que les paysages sont compatibles avec les territoires urbanisés (Godard, 2001). Certains bâtiments historiques, certains lieux symboliques, certaines incursions de la "nature" en ville peuvent ponctuellement être considérés comme tels mais pour le reste rien, ou si peu. Dans l'imaginaire collectif qui, il faut le souligner, n'a fait que suivre les définitions que les scientifiques ont eux-mêmes énoncées pendant longtemps, la nature et le rural sont malheureusement les conditions *sine qua none* pour qu'existe un paysage[17] (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Ainsi, ce que l'homme a lui-même édifié ne serait que rarement paysage. Etrange paradoxe qu'il est difficile de comprendre.

On pourra tenter de l'expliquer par le fait, qu'en milieu urbain, les fonctions des lieux constamment pratiqués annihilent leur dimension visible ; la ville est essentiellement utilitaire et l'on se surprendra moins à la contempler. A. Berque (1995a) parle dans ce cas de "*proto-paysages*" et cite en exemple le fait que "*ce sont les citadins qui ont découvert le paysage rural, pas les paysans. Eux l'ont aménagé matériellement, mais ils ne l'ont pas vu comme tel. Faute de recul, le regard du paysan sur la campagne est resté de l'ordre du proto-paysage*". C'est donc un processus identique qui rend les paysages urbains peu signifiants pour les citadins. Les courants écologistes qui associent paysage et naturel (Héran, 2002) et le caractère incertain, temporaire du paysage urbain (Huetz de Lemps, 1999) qui le rend moins symbolique participent aussi à ce manque de reconnaissance. Si l'on peut expliquer cette négation du paysage en ville, on ne pourra toutefois la cautionner car la dimension visible de l'urbain est essentielle. Les paysages influencent la perception et la cognition des citadins et il est simplement très difficile de le faire émerger dans les discours car ils se mêlent à d'autres stimuli (sons, odeurs…) pour donner naissance à cette notion d'ambiance urbaine, déjà citée, qui génère des sentiments complexes difficilement identifiables. Finalement, on pourra conclure que les citadins appréhendent les paysages de manière plus spontanée, plus subjective car moins intellectualisée. C'est en définitive une chance car il est en quelque sorte à l'abri, en ville, des définitions imposées, trop consensuelles et qui font force dans les discours médiatiques.

[17] - Dans les pays anglo-saxons, le mot *townscape*, censé correspondre aux paysages urbains, porte essentiellement sur des données d'occupation du sol et rarement sur le paysage visible.

1.3. Une référence explicite au polysystème paysage

Le polysystème, outil d'appréhension du paysage créé par l'école bisontine, fixe un cadre conceptuel d'analyse (figure 21). C'est sur la base de cette définition objective que nous effectuerons notre recherche. A l'origine, le polysystème était constitué de trois "boîtes" (Brossard et Wieber, 1984) :

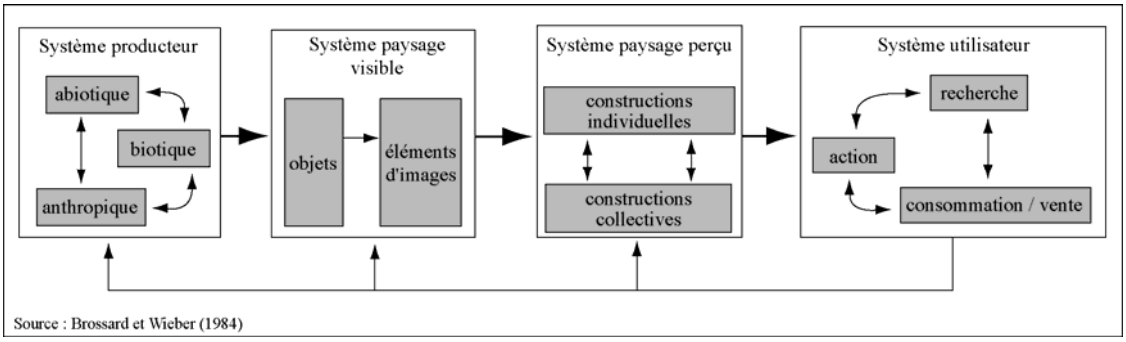


Figure 21 : Le polysystème paysage

- La première boîte qui accueille les éléments producteurs de paysages. Ces derniers, d'origine abiotique, biotique ou anthropique interagissent pour donner naissance au paysage visible. Ce sous-système nous rappelle que l'anthropique est bel et bien un composant essentiel de la production des paysages, au même titre que les éléments dits naturels ;
- Le système visible, composé d'objets et d'éléments d'image est celui qui s'offre à la vue des individus. Il existe et est observable de manière quasi identique par le plus grand nombre mais est perçu de manière éminemment individuelle. Pour l'étudier, et malgré le vœu d'objectivité du chercheur, il faut nécessairement "passer" dans la sous-boîte utilisateur-recherche et franchir au passage le filtre perceptif qui le "dénature" ;
- Le sous-système utilisateur qui regroupe toutes les façons de disposer du paysage. Les finalités d'utilisation ne sont pas identiques et influencent en grande partie le fonctionnement du filtre perceptif, c'est-à-dire la manière dont sera appréhendé le paysage. C'est dans cette boîte que s'expriment les différences de perception entre les individus car le paysage est obligatoirement quelque chose de reconstruit personnellement. Le paysage n'existe donc qu'à travers chaque regard ; on retrouve ici des principes phénoménologiques puisque l'on s'attache à décrire l'expérience telle qu'elle émerge dans un contexte, telle qu'elle est vécue par chaque individu en fonction de sa subjectivité. Ainsi, c'est dans ce sous-système que l'on découvrira que nombre de personnes n'ont pas conscience d'avoir affaire à un paysage lorsque l'anthropique est très (trop) prégnant.

D'autres définitions du paysage existent mais les différences, lorsqu'il y en a, relèvent plus de la forme que du fond. De nombreux auteurs caractérisent d'ailleurs le paysage de manière quasi similaire. Berque (1990), par exemple, qualifie de médiance le fait que le paysage résulte de l'interaction continuelle entre la subjectivité de l'observateur et l'objet paysager, ce que G.

Di Méo (2000) qualifie plus généralement de phénomène de production-inscription de l'homme dans son espace de vie. Cette définition se retrouve dans le polysytème via le jeu de flèches entre les systèmes producteur, utilisateur et paysage visible. Péneau (2000) définit l'ambiance urbaine à la croisée des éléments physiques et quantifiables de la ville et de l'expérience personnelle et collective des citadins. La définition de M. Collot (1986) est sensiblement la même puisqu'elle place le paysage entre propriétés objectives et significations subjectives. Enfin, Bailly (1995) souligne le rôle de l'imaginaire spatial en tant qu'interface entre structure de la ville et pratiques individuelles.

Un quatrième sous-système, ajouté plus tardivement, permet de décomposer plus précisément le filtre perceptif. Il s'agit du paysage perçu, fruit des constructions individuelles et collectives (caractéristiques physiologiques, psychologiques, milieu socio-culturel, éducation…). L'étude des représentations sociales, courant de recherche en psychologie[18], tente également de formaliser ce lien entre sujet et objet en étudiant la manière dont les hommes partagent et élaborent leurs connaissances. Ce sont ces connaissances socialement partagées qui, par exemple, expliquent les différences de perception entre groupes sociaux au sein des villes. Ce sous-système est aussi important que les autres. S'il faut reconnaître qu'il est difficile de prendre en compte les perceptions paysagères des citadins, on peut toutefois regretter que ce sous-système soit peu reconnu par les acteurs de l'aménagement du territoire pour qui les éléments paysagers seraient en théorie perçus de manière homogène par tous.

En réponse à ces constatations, la géographie comportementale s'est proposée d'étudier les comportements des individus. La problématique comportementale privilégie l'étude des représentations et de l'imagination pour expliquer l'influence des processus d'acquisition de l'information sur les pratiques spatiales. Elle cherche à démontrer que, comme chaque individu est porteur de ses propres représentations, il existe une infinité de liens qui unissent un même territoire à ceux qui le pratiquent. "*L'espace n'existe qu'à travers les perceptions que l'individu peut en avoir*" (Bailly, 1977) et au final, pour ne parler que du milieu urbain, "*chacun porte sa ville en soi*" (Ferras, 1990). Tout lieu n'est donc pas uniquement caractérisable à partir de valeurs économiques, historiques ou sociales ; l'espace est aussi psychologique puisqu'il est constitué d'une image dotée d'une identité, d'une signification variant suivant les caractères des observateurs et selon leur vécu. La géographie comportementale, également nommée béhavioriste, privilégie ainsi l'étude des processus cognitifs des individus et des petits groupes et considère que la somme de leurs attitudes spatiales génère des structures macro-géographiques observables et quantifiables. En ce sens, notre démarche d'analyse des déplacements pédestres procédera de cette problématique.

Certains écueils sont toutefois à éviter et M. Roncayolo (1996) nous met en garde contre une approche essentiellement basée sur la perception qui verserait dans le sensualisme[19]. Les travaux sur la perception en milieu urbain ne doivent donc pas conduire à une définition trop rigide des politiques à mener car il faut se garder de tout déterminisme architectural ou

[18] - E. Durkheim fut l'un des premiers à formaliser ce phénomène en énonçant que les faits sociaux s'imposent aux consciences individuelles.
[19] - Doctrine philosophique selon laquelle les connaissances de chaque individu sont exclusivement le fruit de ses sensations.

urbanistique ; les expériences passées et avortées comme les utopies de la ville nous le rappellent fort bien. Il n'est pas possible d'établir un lien définitif entre une politique (paysagère ou autre) et les comportements collectifs qu'elle est censée générer. L'interface perception, située entre le paysage visible et le système utilisateur est donc à étudier avec la plus grande précaution et les démarches visant à définir les liens entre ces deux champs doivent être rigoureuses, objectives et se référer au système utilisateur.

1.4. L'hétérogénéité paysagère des villes

Le paysage urbain porte le témoignage de l'ancienneté des villes. Comme nous l'avons vu dans le polysystème paysage, la dimension visible est étroitement liée au système producteur. Mais en milieu urbain, ce lien est parfois difficile à établir par les citadins car les deux sous-systèmes peuvent avoir évolué de manière disjointe. En effet, le paysage est à l'origine synchronique car il est en adéquation avec les fonctions qui l'ont fait naître ; puis il peut devenir diachronique lorsqu'il évolue à un rythme plus lent que les usages qu'il abrite. Le terme d'"hystérésis" est souvent emprunté à la physique pour illustrer ce retard du paysage sur le fonctionnel. Cela conduit donc fréquemment à une situation d'anachronisme car le paysage, et plus généralement l'espace, porte en partie le témoignage des usages qui l'ont fait naître (Viard, 1981). Les paysages urbains sont ainsi fréquemment qualifiés de "palimpseste urbain" car ils sont la résultante d'une lente accumulation de couches plus ou moins renouvelées et plus ou moins signifiantes pour les citadins.

A ce titre, de grandes différences existent entre les quartiers : alors que certains sont plutôt "homogènes", d'autres ont connu une succession de modifications (Roncayolo, 1996), source de diversité mais aussi parfois de manque de lisibilité. Cette dualité s'exprime souvent en fonction de la distance au centre qui est liée aux âges de la ville. C'est une évidence, personne ne s'attendra à ce que les paysages soient identiques dans les centres-villes anciens et dans périphéries, lieux de l'expansion et de la dédensification de la ville. Prenons l'exemple du bâti. A mesure que l'on s'éloigne du centre, les densités de construction sont moins prégnantes, les formes des constructions changent (figure 22).

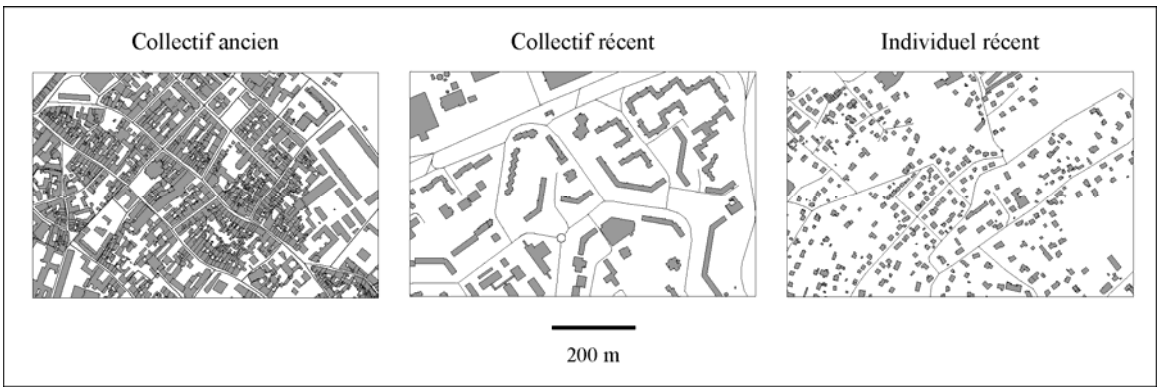


Figure 22 : Trois formes du bâti

Dans le centre-ville, des immeubles bas forment des îlots ceinturant les rues. Les vides sont rares et la proximité du bâti crée un corridor urbain bien défini même si les îlots ne sont que très rarement homogènes. En périphérie, qu'il s'agisse de grands immeubles ou de maisons individuelles, on trouve des constructions plus modernes qui laissent plus de place aux espaces vides. Ces types de construction contribuent à façonner des identités paysagères spécifiques. De telles différences peuvent, par exemple, être calculées par le coefficient d'emprise au sol rapporté à la hauteur du bâtiment sur une parcelle donnée. En périphérie, la liberté des promoteurs et architectes est moins contrainte car les normes sont nettement moins restrictives qu'au centre-ville. Ainsi, les différences que les vues du dessus de la figure 22 font apparaître sont encore plus flagrantes vu du dedans.

En créant les conditions d'un éloignement au centre, les nouvelles conditions de mobilité sont à l'origine de l'émergence de ces nouvelles formes urbaines. Or, ce sont ces formes, à la morphologie et aux paysages très différents, qui alimentent une polémique portant sur leurs avantages et inconvénients supposés. Il semble que deux courants s'opposent au sujet des mutations modernes de la ville, entre ceux qui veulent laisser sa chance à la ville émergente en se détachant des visions "passéistes", et ceux qui dénoncent une détérioration des territoires urbains avec la baisse des densités. A ce sujet, F. Héran (2002) entretient le débat en affirmant que "*l'appauvrissement de l'architecture et de la composition urbaine au cours de ce siècle découle largement de l'usage de l'automobile et de la fonctionnalisation de l'espace qui lui est indissociable*". Il semble en effet que l'attention paysagère soit beaucoup plus lâche en ce qui concerne les réalisations présentes. Pour s'en convaincre, citons l'exemple emblématique des entrées de villes offrant leur lot de paysages "atypiques" et qui, jusque très récemment, ne semblaient pas ou peu être à l'origine de questionnements. Fonctionnelles à l'extrême, livrées à la seule initiative des promoteurs, elles sont longtemps restées à l'écart des questionnements urbanistiques et paysagers.

Il faudrait donc distinguer la diversité du bâti des centres-villes, fruit d'une lente accumulation historique (Mangin et Panerai, 1999), de la monotonie des paysages périphériques récents, aux constructions standardisées et résultant de l'étalement urbain généré par la mobilité facilitée. D'ailleurs les politiques paysagères actuelles tendent à privilégier l'ancien au risque de faire parfois du postmodernisme architectural, friand de signes et qui remplace "*l'histoire par la référence et l'usage par le symbole*" alors même que "*l'îlot fermé ne garantit pas a priori davantage d'urbanité que l'îlot ouvert*" (Panerai *et al.*, 1997). De la même manière, les héritages paysagers sont le fruit de vifs débats. Il y a ceux que les politiques urbanistiques conservent et valorisent précieusement car ils sont censés occuper une place de choix dans l'imaginaire collectif en tant que patrimoine, esthétique, historique ou social. Mais il y a aussi les héritages que l'on cherche à cacher ou à faire disparaître car ils nuiraient à l'image de la ville. En attente de "recyclage", ils ne sont que temporaires et ne font pas partie de l'avenir des villes. Des opérations de réhabilitation, de restructuration privées ou publiques doivent, à terme, les remplacer (Wiel, 2002). Or, ces choix sont souvent arbitraires et dépendants du bon vouloir des décideurs.

Comme on peut le constater, le débat houleux qui renvoie dos à dos les tenants de la ville récente à ceux de la ville "traditionnelle" n'épargne pas les paysages. La nécessité d'objectiver

les connaissances sur la perception des paysages n'en apparaît que plus impérieuse. Elle peut, pour cela, s'appuyer sur une prise de conscience récente des pouvoirs publics.

2. Le paysage urbain au centre des attentions institutionnelles

Institutionnellement, le paysage urbain n'est réellement reconnu que depuis quelques années (Huetz de Lemps, 1999). Bien que tardif, cet avènement politique du paysage est positif même si les textes officiels qui s'y réfèrent laissent une impression mitigée. Lois, conventions, chartes sont autant de preuve qu'un pas a été franchi et que le paysage a cessé d'être cantonné à un rôle secondaire. Certes, cela constitue une avancée, notamment pour la prise de conscience collective de l'importance du paysage. Mais on se sent quelque peu à l'étroit lorsque l'on examine les définitions et les orientations fixées, souvent trop restrictives.

2.1. Le cadre législatif du paysage

Plusieurs lois se sont succédées en faisant référence au concept de paysage urbain. Les plus importantes sont détaillées ici car elles sont le témoignage d'une prise de conscience institutionnelle tout en constituant le socle des interventions publiques.

La loi de 1977 sur l'architecture institue les CAUE (conseils d'architecture, d'urbanisme et d'environnement) tout en soulignant que "*la création architecturale, la qualité des constructions, leur insertion harmonieuse dans le milieu environnant, le respect des paysages naturels ou urbains, ainsi que du patrimoine*" est d'intérêt public.

La loi "paysage" de 1993, qui fait référence en France, a apporté un certain nombre de modifications aux textes législatifs existants. Elle est la première à exposer explicitement les conditions d'une protection et d'une mise en valeur des paysages au sens large. Même s'il ne s'agit pas d'un indicateur à proprement parler, un simple comptage des thématiques des articles suffit à éclairer les orientations paysagères de cette loi : elle modifie 11 articles du code rural contre seulement 4 du code de l'urbanisme. Par ailleurs, la loi "paysage" a ajouté le mot paysager aux anciennes zones de protection du patrimoine architectural et urbain (les ZPPAUP remplaçant les ZPPAU). Elle a attiré ainsi l'attention sur le paysage urbain et les zones de protection doivent désormais reposer sur une connaissance fine du tissu urbain et de la valeur que les habitants lui portent en tant que cadre de vie (Huet, 1998). Ce fut un pas en avant non négligeable puisqu'auparavant, seule la dimension historique des bâtiments était prise en compte. Ces zones de protection "*peuvent être instituées autour des monuments historiques et dans les quartiers, sites et espaces à protéger ou à mettre en valeur pour des motifs d'ordre esthétique, historique ou culturel*". La notion de visibilité est déterminante et le texte vise à préserver les perspectives, places et autres axes qui sont liés visuellement aux espaces protégés. Ainsi, l'objectif est en partie de préserver l'environnement paysager immédiat des monuments remarquables par le biais d'interdictions, de limitations ou d'obligations dans les

normes constructives[20] ; à ce titre, les ZPPAUP sont souvent considérées comme des PLU[21] qualitatifs. Malheureusement, on perçoit bien que les préoccupations restent davantage centrées sur des sites à caractère remarquable et que l'intérêt pour les paysages urbains reste encore beaucoup trop circonscrit. Les paysages ne sont pas réellement considérés comme des éléments ordinaires du quotidien des citadins.

Pourtant, il s'agit là d'un non-sens… le paysage n'est ni extraordinaire, ni à préserver à tout prix. Il est potentiellement partout et en constante évolution ; en somme, il est "ultraordinaire". Il n'est pas question de dénigrer les choix de préservation, souvent faits à bon escient mais le fait d'éluder le paysage urbain est préoccupant voire choquant. Déjà les POS, aujourd'hui remplacés par les PLU, prenaient en compte la qualité des paysages et avaient pour objectif la préservation de ceux qui possédaient un caractère esthétique, historique ou écologique. Les POS avaient donc un impact certain sur les paysages (Dupont, 1994) mais seulement sur les plus exceptionnels d'entre eux.

Un changement important peut être associé à la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement car elle institue le paysage comme une ressource à valoriser et à exploiter tout en reconnaissant que le paysage peut être ordinaire. Parallèlement, elle fixe les "*dispositions relatives aux entrées de villes*", les nouvelles constructions ne pouvant être implantées à moins de 100 mètres des autoroutes ou voies express et à moins de 75 mètres des autres routes à grande circulation.

Par un arrêté datant du 8 décembre 2000, le Conseil National du Paysage a été créé. Organe consultatif, il a pour mission de faire un état des lieux annuel de l'évolution des paysages en France et peut proposer des mesures visant à les améliorer. Ce suivi longitudinal orchestré par les pouvoirs publics est une première en France.

Au final, le code de l'environnement fait toutefois peu de place au paysage urbain et considère plutôt la ville comme un anti-paysage alors que, dans le code de l'urbanisme, le paysage urbain est associé à l'esthétique (Blanc et Glatron, 2005). Naturellement, aucune de ces situations n'est satisfaisante car le paysage urbain reste un élément peu pris en compte.

2.1.1. Les règlements urbanistiques

A ces lois très générales viennent se greffer des règlements[22] qui agissent sur le devenir des paysages urbains. Plus ou moins contraignants d'une ville à l'autre, ou à l'intérieur d'une même ville, ils peuvent être révisés selon les orientations fixées par les autorités compétentes. En terme de construction, les promoteurs doivent donc composer avec des normes précises : emprise au sol, hauteur des constructions souvent dépendante de la largeur de la rue,

[20] - Implantation, volume, hauteur et aspect extérieur des constructions sont rigoureusement définis.
[21] - Plans locaux d'urbanisme.
[22] - Les CAUE (conseil pour l'architecture, l'urbanisme et l'environnement) participent à la formalisation de ces règlements.

prospect[23], types d'activités, habitat résidentiel ou collectif, superficie et profondeur de la parcelle, rapport libre/construit… qui sont autant de restrictions à leurs libres agissements.

Ces règlements sont primordiaux pour les décideurs qui peuvent ainsi peser sur le devenir de la ville : pour répondre aux problèmes actuels, ils s'en servent par exemple pour densifier les villes et pour agir contre l'étalement. Logiquement, ces règlements sont aussi au cœur des modifications paysagères des villes.

2.1.2. La jurisprudence

Pour être complet au sujet du rapport entre droit et paysage, il faut rappeler que la jurisprudence, qui fait force de loi et comble les lacunes législatives, utilise souvent le paysage comme argument dans le cadre de décisions. Notion à la mode donc si l'on en croit le nombre d'arrêts y faisant référence mais éminemment floue si l'on examine quelques citations prononcés dans le cadre de jugements, rapportées par M. Huet (1998) :

- "le paysage a un caractère sauvage" ;
- "le paysage est remarquable" ;
- "le paysage a les caractéristiques d'un patrimoine naturel et culturel" ;
- "il faut respecter le caractère du paysage urbain" ;
- surtout lorsque celui-ci est "*détérioré*", "*altéré*" ou "*mité*".

Il est aisé de déceler l'embarras dans lequel se trouvent les juristes face au concept de paysage en milieu urbain. On peut noter une débauche de bonne volonté mais quelle réalité, quelle homogénéité dans ces discours ? Qu'est-ce qu'un paysage mité ? Quel est le caractère du paysage urbain ? Le droit n'échappe pas aux erreurs de définition et contribue au contraire à opacifier le débat. Ceci est d'autant plus gênant que les décisions juridiques interviennent en dernier recours en cas de litige.

2.2. Les lectures du paysage : privilégier la synergie des conceptions

Trop souvent, les actions paysagères ont comme unique but de préserver des paysages dont on pense a priori qu'ils ont une certaine valeur. La nécessité d'appréhender les préférences des individus pour réellement améliorer la perception d'ensemble des paysages (Denef, 2005) est peu reconnue. Les recherches à ce sujet demeurent trop rares même si la multiplication récente des questionnements paysagers a conduit à la définition de politiques paysagères plus précises, comme en témoigne la convention européenne du paysage (conseil de l'Europe, 2000) dans son objectif de qualité paysagère (encart 3).

Toutefois, on oppose encore aujourd'hui souvent la lecture experte et utilitaire du paysage (celle des scientifiques - architectes, urbanistes… - et des décideurs) à la lecture affective, souvent considérée comme irrationnelle ou sans intérêt, des habitants. La ville n'a pourtant rien à gagner de cette dualité. La lecture experte doit plutôt s'enrichir de la lecture affective, la prendre en compte et ne pas l'imaginer, la simplifier. Car les décideurs qui ne s'intéressent pas

[23] - Distance minimale entre la voirie et les bâtiments.

aux pratiques individuelles nient l'existence du filtre perceptif ou considèrent qu'il agit de la même manière pour tous ! Il s'agit d'une simplification extrême de la réalité qui ne peut donner satisfaction dans l'optique d'un aménagement urbain durable et réussi. De leur côté, les scientifiques doivent mobiliser leurs représentations théoriques et objectivées de la ville dans le but de préciser les représentations politiques et afin d'améliorer le fonctionnement de la ville des résidents. Car la ville vécue par les habitants doit être considérée comme l'élément central d'une triade dans laquelle les représentations de la ville sont très différentes (figure 23). De toute évidence, il existe encore un décalage important entre la perception des espaces publics des aménageurs et des résidents (Mburu, 2000) qu'il faut résorber.

La convention européenne du paysage a le mérite d'affirmer de façon claire l'existence des paysages en milieu urbain et l'intérêt qu'ils représentent. Elle reconnaît notamment que le paysage est "*partout un élément important de la qualité de vie des populations : dans les milieux urbains et dans les campagnes*". La prise en compte du paysage est par conséquent primordiale puisqu'il participe à "*l'intérêt général sur les plans culturel, écologique, environnemental et social (...) dans les espaces remarquables comme dans ceux du quotidien*". Les objectifs de la charte peuvent être appréhendés à partir de quelques définitions clés. On notera avec intérêt la définition d'objectif de qualité paysagère.

Définition du paysage : "*il désigne une partie du territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et / ou humains et de leurs interrelations*"

Politique du paysage : "*désigne la formulation par les autorités publiques compétentes des principes généraux, des stratégies et des orientations permettant l'adoption de mesures particulières en vue de la protection, la gestion et l'aménagement du paysage*".

Objectif de qualité paysagère : vise à comprendre et à énoncer, pour les décideurs, les attentes des populations en ce qui concerne les paysages participant à leur cadre de vie.

Aménagement des paysages : dans la charte, l'aménagement des paysages est indissociable de la notion de prospection, que ce soit dans un but de revalorisation de paysages existants ou de création de "nouveaux" paysages.

Encart 3 : La convention européenne du paysage

Par conséquent, le principal défi sera de mettre en adéquation les politiques du paysage avec les attentes des individus car "le destin du paysage dans les affaires d'aménagement a été livré, en France, aux initiatives, goûts et compétences individuelles des praticiens et de quelques chercheurs" (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Cette démarche semble primordiale, à plus forte raison lorsque l'on examine les directives énoncées dans la convention et qui préconisent une formation et une éducation accrue de la population civile. Il faut en effet s'attendre, dans les années à venir, à devoir satisfaire un public de plus en plus exigeant, conscient de son rôle d'ayant droit au paysage et qui ne se contentera plus d'actions simplistes et stéréotypées telles que la création de parcs ou de rues piétonnes. Les politiques menées devront donc tendre vers une définition plus précise des paysages à valoriser et bannir les normes paysagères trop restrictives qui manquent de diversité. Pour chaque décideur, en particulier au niveau local, la connaissance et la qualification des paysages en adéquation avec les attentes des résidents s'avèrera indispensable.

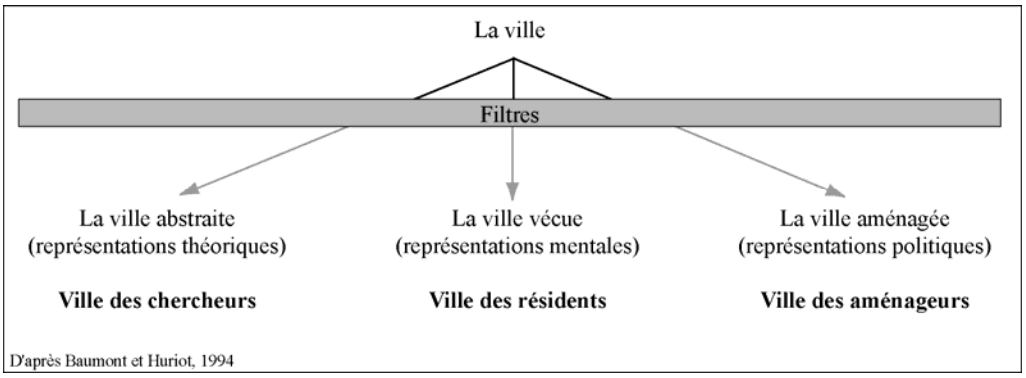


Figure 23 : Trois représentations de la ville

A cette fin, la convention européenne incite à la mise en place de "*procédures de participation du public*". Nous ne contestons pas le bien fondé de cette démarche participative. Pourtant, il semble qu'une alternative au questionnement direct des préférences individuelles puisse également s'avérer féconde. L'apport scientifique des travaux de recherche (notamment en géographie), fruit de démarches spécifiques et objectives, serait apte à faire émerger des conclusions pouvant guider les politiques paysagères.

3. Analyse objectivée de la relation paysages - piétons

Les individus ont trop longtemps été tenus à l'écart des réflexions menées sur l'espace urbain. Pourtant, ce ne sont pas des consommateurs passifs et ils ne peuvent se satisfaire de l'homogénéisation des cadres de vie (Rougerie, 1975). A ce titre, la marche à pied peut être perçue comme un bon révélateur de la relation qui se noue entre les citadins et les paysages urbains. Ainsi, "*pour la géographie urbaine contemporaine, les enjeux d'une meilleure connaissance de ces micro-mobilités et des logiques individuelles des piétons sont multiples*" (Thomas, 2004). Il faut donc militer pour un recentrage des recherches sur les comportements individuels dans le but d'orienter les conceptions et aménagements futurs des lieux publics.

3.1. Dépasser les conceptions esthétiques, patrimoniales et ponctuelles

Fréquemment, les interventions paysagères en ville se réduisent à l'insertion d'espaces verts (Picon-Lefebvre, 1997). Il faut dénoncer cette "*verdolâtrie […] ce degré zéro du paysage, et l'on n'a pas progressé d'un pas dans la création paysagère, quand on s'est contenté d'installer des espaces verts*" (Roger, 1997). Le paysage urbain est certes valorisé par l'insertion d'espaces verts mais il ne doit en aucun cas être réduit à ces derniers. D'ailleurs certaines banlieues de grands ensembles, certaines entrées de villes ne manquent pas de verdure alors que leurs paysages font l'objet de vives critiques. Malgré cela, le végétal conserve sa place centrale dans les opérations de composition ou de recomposition urbaine ; il est l'un des outils favori des urbanistes et architectes. De la même façon, la notion de paysage est souvent utilisée en faisant référence à l'ancien, au patrimoine et à sa conservation. Cette patrimonialisation ne peut toutefois être perçue comme la solution optimale à la recherche de

paysages urbains de qualité car elle implique trop d'inégalités entre les diverses parties du territoire urbain (Wachter *et al.*, 2002 ; Donadieu, 1994).

Plus généralement, c'est toute la notion d'esthétique qui devrait être bannie. Ou alors faut-il parler de dimension esthétique selon la définition qu'en donnent A. Moles et E. Rohmer (1982). Pour ces spécialistes de la psychologie de l'espace, elle est une valorisation sensorielle du monde sans rapport avec le beau et le laid qui sont le "*produit d'un consensus social*". C'est ce consensus, souvent dicté par les plus influents, qui conduit à la formulation de lieux communs et d'idées toutes faites qui appauvrissent le débat sur les paysages urbains. Prenons pour exemple les paysages des entrées de ville qui, avec leurs lots d'affiches criardes et de bâtiments commerciaux identiques et fonctionnels, précèdent les grands ensembles des banlieues. Ces visuels sont décriés avec d'autant plus de virulence qu'ils marquent une rupture avec le "naturel" des campagnes environnantes. Les avis semblent concorder mais ne s'agit-il pas d'une concession au principe d'esthétisme du paysage ? Les travaux sur les représentations sociales ont prouvé que l'appartenance sociale ou culturelle d'un individu est fondamentale dans la relation que ce dernier entretient avec son environnement, dans sa manière de "l'interpréter", de l'évaluer (Jodelet, 1989). Si les groupes socialement constitués partagent des connaissances et des comportements communs, de grandes divergences apparaissent entre ces mêmes groupes. N'en déplaise aux discours établis, certaines catégories de la population peuvent apprécier les paysages des entrées de villes (Luginbühl, 2001). Bien entendu, certaines préférences communes à une majorité d'individus existent, qu'elles soient positives ou négatives. Mais il semble délicat d'établir une gradation esthétique et c'est donc sans a priori qu'il faut aborder le paysage urbain.

Au final, cette simplicité des interventions paysagères et leur manque de pertinence doit-elle pour autant nous inciter à considérer qu'il existe, en France et comme l'affirme J. Dauge (2004) un "*déficit d'ambition [...] en matière d'exigence architecturale et de qualité du cadre de vie*" ? Sans doute. Mais l'on peut aussi chercher des explications à ces politiques d'un point de vue historique car, dès le XIXe siècle, une distinction a été établie entre la voirie lieu de promenade et son faux double, dévolu à la circulation (Roncayolo, 1996). Les reliquats de cette conception segmentée de l'espace public sont encore perceptibles aujourd'hui et il est courant de dissocier les espaces fonctionnels délaissés des lieux de promenade à valoriser.

C'est aussi pour cette raison que le paysage n'est qu'un souci ponctuel dans la gestion des territoires urbains. Or, il est connu depuis longtemps, en gestion des transports, que la modification technique d'un tronçon de rue (augmentation ou réduction de la capacité en terme de flux, réduction de la vitesse…) a un impact sur les flux des autres tronçons. Le réseau viaire est un système interconnecté dans lequel se mettent en place des réactions en chaîne. Mais il n'est pas encore admis que les paysages fonctionnent sur les mêmes principes et que les embellissements ponctuels ne porteront leur fruit que dans le cadre d'une réflexion d'ensemble.

3.2. De l'écologie urbaine aux distances multidimensionnelles

Par ailleurs, les valeurs et la perception de chaque individu sont dépendantes des représentations sociales et culturelles (Bruner, 1991). C'est pourquoi, au-delà de toute spécification basée sur les objets paysagers, il faut également avoir à l'esprit que l'appartenance à un groupe social peut se traduire par des préférences paysagères particulières. Cet aspect est à rapprocher de l'appartenance territoriale (Luginbühl, 2001) et du phénomène de sectorisation sociale des villes qui fait écho au concept de mosaïque urbaine des sociologues de l'Ecole de Chicago. Burgess et Park, fondateurs de ce courant de recherche considéraient que l'organisation du territoire urbain résulte d'une "lutte" entre les citadins et que le processus de ségrégation n'est ni voulu, ni maîtrisé. Les intérêts économiques et individuels conduisent inéluctablement à la ségrégation et donnent naissance, en contrepartie, à des formes de "défense" par regroupement des individus selon leurs appartenances culturelles. Ainsi, groupes sociaux, modes de vie, espaces et paysages inhérents se juxtaposent assez nettement sur le territoire urbain. Malgré l'éclatement des pratiques quotidiennes, les frontières urbaines ne disparaissent pas et "*le quartier résidentiel garde une valeur identifiante*" (Bordreuil, 2000). L'espace devient social et doit être distingué de l'espace vécu parce qu'il résulte d'une production collective (Di Méo, 2000) et qu'il recouvre une réalité spatialement mieux délimitée (figure 24).

Poussée à son paroxysme, cette mosaïque correspond au phénomène de ghettoïsation observé aux Etats-Unis mais elle est restée plus mesurée dans les autres pays occidentaux. Globalement en France, on trouve à la fois, dans la ville agglomérée, des classes aisées et pauvres mais avec une forte spécialisation territoriale et sociale. Les classes moyennes se localisent plutôt dans le périurbain et sont triées en fonction de la distance au centre, ce qui induit des différences importantes entre communes. Il faut noter que cette sectorisation sociale a tendance à s'exacerber entre, d'une part, les quartiers anciens et certaines communes périurbaines en voie de "gentryfication" et, d'autre part, les quartiers des grands ensembles, toujours aussi pauvres (Duhayon et Caplain, 1997). Même si les politiques de la ville tentent d'actionner certains leviers pour favoriser la mixité, les réflexes demeurent encore très prégnants. Les *Gated Communities*[24] aux Etats-Unis ou les réticences des résidents devant l'implantation de logements sociaux dans leurs quartiers démontrent que la fragmentation sociale des aires urbaines demeure.

Chaque groupe humain "*élabore sa culture, ses modèles culturels, dont certains touchent le paysag*e" (Loiseau *et al.*, 1993). Puisque celui-ci est obligatoirement soumis à un processus de perception-cognition et que la cognition est elle-même dépendante d'un aspect affectif et émotionnel, la valeur personnelle attribuée aux paysages est en partie due au degré de concordance entre "classe" d'appartenance de l'observateur et "classe" du lieu observé. Car la portion du territoire qu'un groupe habite participe à l'identité de ce groupe. Il se produit ainsi "*une réversion et l'emprise territoriale imprègne l'ayant droit tout autant que celui-ci appose sa marque sur l'espace*" (Bordreuil, 2000). Le découpage ségrégatif influence donc très nettement la manière dont les paysages sont perçus en dehors de toute considération esthétique.

[24] - Quartiers résidentiels privés et dont les résidents sont sélectionnés selon des critères culturels, sociaux et ethniques.

Le processus d'analyse des paysages ne doit donc pas traiter les individus "*comme les modes finis d'un monde unique [...] Elle a affaire à une série d'ambiances et de milieux où les stimuli interviennent selon ce qu'ils signifient et ce qu'ils valent*" (Merleau-Ponty, 1942). C'est aussi l'un des thèmes de recherche de la géographie sociale qui s'attache à décrire la manière dont les individus prêtent du sens aux territoires (Gumuchian, 1991 ; Viard, 1981). D'inspiration sociologique, les modèles de l'écologie urbaine ont influencé les géographes parce qu'ils prennent des formes spatiales très concrètes. Mais ils sont remarquables parce qu'ils ont facilité la compréhension du fait urbain en conférant une dimension sociologique aux questionnements des géographes.

Découpée en "plateaux territoriaux" plus ou moins homogènes, la ville trouve une cohérence grâce à certaines fonctions comme les commerces ou les espaces verts dont les aires d'attraction sont transversales (Reymond, 1998). Mais là encore les structures sociales exercent une pression sur les individus et restreignent leur liberté de choix (Di Méo et Pradet, 1996) et de mouvement, spécialement en marche à pied. La proximité, qui n'est souvent abordée que par le biais de la distance-temps réticulaire, ne rend pas compte de cet état de fait. Pourtant, les distances dépendent également du sentiment d'appartenance de ces groupes qui constituent la ville. Distances géographiques, culturelles, sociales et psychologiques se conjuguent donc pour générer un coût du déplacement ; la distance est multidimensionnelle et la mobilité plus qu'un simple déplacement consistant à relier une origine et une destination (Huriot et Perreur, 1990 ; Lussault, 2005). Les distances métriques ne suffisent alors pas à mesurer l'éloignement entre deux lieux. Deux points apparemment proches peuvent être séparés par une distance psychologique forte en cas de discontinuité territoriale en partie repérable grâce aux paysages (figure 24). Ce fonctionnement fut bien mis en évidence par K. Lynch (1969) qui montra que les espaces relativement homogènes comme les quartiers sont séparés par des discontinuités, des limites qui peuvent être matérielles et psychologiques.

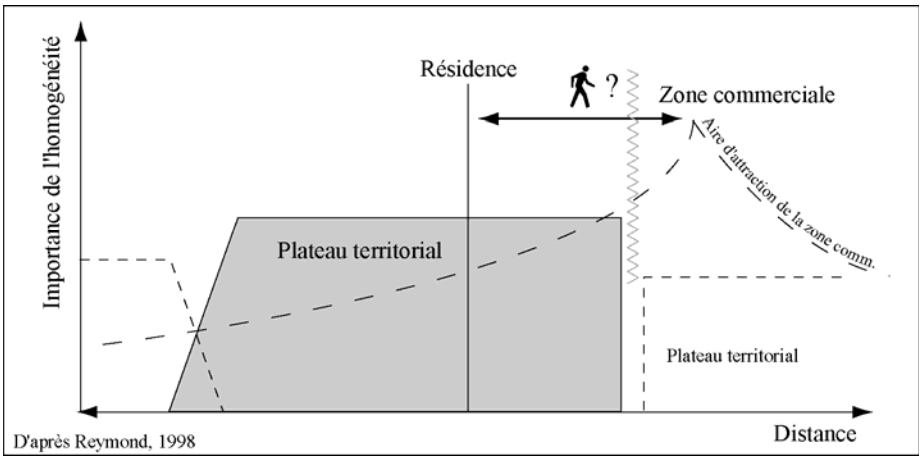


Figure 24 : Distance métrique et distance psychologique

Les principes de l'écologie urbaine ne sont pas remis en cause par les nouvelles manières de pratiquer l'espace urbain. Certes les liens sociaux sont aujourd'hui moins dépendants d'une appartenance territoriale commune et l'automobile permet, au moins le temps du déplacement, de transcender ces barrières psychologiques. Néanmoins, le sentiment d'appartenance

territoriale n'a pas disparu et la ville continue à se présenter comme un espace où le citadin se sent ponctuellement étranger. La marche à pied reste la plus affectée par cette partition de la ville. Dans une ville où tout devient proche, on oublie ainsi un peu vite que les distances cognitives n'ont pas évolué au même rythme que les distances temporelles.

3.3. Etablir un lien entre mobilité pédestre et paysages

Le paysage correspond à une superposition d'enjeux relativement nombreux mais est trop rarement associé à l'étude de la marche à pied. Pourtant, il faut accepter que "*l'espace est, dans son organisation, autant support du propos qu'objet [...] que l'espace est une dimension formatrice des sens que nous vivons*" (Viard, 1981) et donc que le paysage n'est pas neutre puisqu'il affecte nos sensations visuelles, si importantes lors de nos déplacements. Notre postulat est donc simple : les trajets piétonniers s'effectuent dans des lieux dont l'hétérogénéité visuelle engendre des choix d'itinéraires spécifiques. Or, ces choix ne sont pas dénués d'intérêts pour les gestionnaires de la ville, *"l'analyse des déplacements dans l'espace de proximité est une perspective intéressante du rapport à l'espace des populations."* (Guérin-Pace, 2003). Encore faut-il, à notre sens, fournir des explications à ces pratiques de déplacements. La voie paysagère reste une piste de recherche peu explorée. Pourtant, nier l'influence des paysages urbains dans la détermination des déplacements reviendrait à accorder aux territoires une valeur uniquement fonctionnelle que nous réfutons. Comme l'affirme J.P. Paulet (2002) : "*il est impossible d'étudier les transports sans prendre en compte les processus cognitifs, les représentations*". Or, ces processus se rapportent en partie aux paysages qui auraient une incidence sur les choix d'itinéraires car, comme l'affirme G. Amar (1993), la marche à pied a "*un contenu naturel qui est le contact par les sens avec son environnement immédiat*" : la ville vue à pied est donc fondamentalement différente de celle vue en automobile. Le chemin suivi n'est ni anodin ni banal ; c'est une action qui traduit spatialement les préférences du marcheur.

A. Moles et E. Rohmer (1982) rappellent que "*chaque individu dispose d'un capital, d'un budget spatial présentant une multiplicité de solutions de déplacements*", variables selon le moment, le lieu ou le type de déplacement. Ce budget n'est évidemment jamais consommé en totalité et des choix, non aléatoires et par conséquent analysables, sont effectués. Ainsi, comment passe-t-on d'un espace constitué d'objets physiques plus ou moins coordonnés, les tronçons de rue, à un territoire "événementiel", choisi, pratiqué (Caron et Roche, 2001) ? L'analyse paysagère permettra de mieux comprendre ce passage d'un "espace perçu" à un "espace vécu", cette transformation d'un simple espace de proximité en un territoire de proximité par la fréquentation régulière des lieux en marche à pied. Pour ce faire, nous affirmons qu'une analyse désagrégée des choix individuels est indispensable. En effet, ces choix sont d'une importance capitale pour la compréhension d'un fait spatial comme la marche à pied car "*les perceptions individuelles engendrent des actions individuelles puis des actions collectives*". Et "*comme elles résultent d'une appréhension de l'espace, leur étude entre dans le domaine de la géographie.*" (Bailly, 1974).

3.4. Une méthode d'analyse particulière

Comme il fut dit précédemment, la piste paysagère, en tant qu'ambiance visuelle, reste peu explorée alors même qu'elle peut permettre de compléter nos connaissances sur les individus-piétons. Ainsi, les choix d'itinéraires peuvent être vus comme un processus d'ajustement qui consiste, pour chaque piéton, à sélectionner les paysages qu'il valorise. Même si cette influence des paysages est secondaire et qu'elle intervient, par ordre d'importance, après d'autres facteurs tels que la minimisation de la longueur du trajet, elle ne peut, à notre sens, être occultée. Pour l'appréhender, nous proposons une méthodologie basée sur deux principes fondamentaux qui sont l'analyse technique du paysage urbain et l'observation indirecte des préférences.

3.4.1. L'analyse technique du paysage urbain

Le paysage est éminemment subjectif car il correspond à une réalité perçue. Il est toutefois possible de le mesurer d'un point de vue relativement objectif, en minimisant le rôle des filtres perceptifs. C'est ce que nous ambitionnons de faire dans le cadre de ce travail mais c'est également ce que d'autres ont déjà entrepris avant nous. Cette volonté n'est en effet pas récente et certain travaux, déjà anciens, ont pour certains jeté les bases de l'analyse paysagère urbaine. R. Allain (2004) cite, en guise d'exemple, les réflexions portant sur les effets de la distance et du positionnement de l'observateur sur la perception d'un objet paysager urbain[25] ou, plus récemment, l'approche séquentielle du paysage liée aux déplacements qui met en œuvre une analyse progressive du champ visuel (figure 25). Ces tentatives d'appréhension des paysages urbains ne sont évidemment pas les seules et nous en présenterons de plus récentes dans la partie suivante.

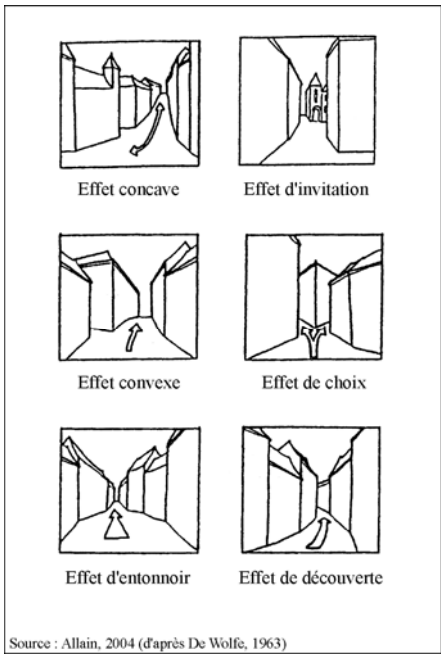


Figure 25 : Analyse séquentielle du déplacement

[25] - Travaux développés dès le XIXe siècle !

3.4.2. L'observation indirecte

Comme nous l'avons déjà mentionné, nous n'interrogerons pas directement les piétons sur leur ressenti puisqu'ils n'ont pas nécessairement conscience du rôle du paysage sur leurs choix d'itinéraires. A ce titre, on pourrait d'ailleurs nous objecter qu'il s'agit là d'un signe révélateur du faible intérêt que les citadins portent aux paysages urbains. Mais, la métaphore de P. Sansot (1998) nous rappelle, fort justement, que "*les marchandises, nous les contemplons sans avoir nécessairement le besoin de les acheter*" ; le paysage urbain n'est certes pas scruté mais il est intériorisé et joue un rôle indéniable car "*l'image a une fonction active. Elle a un sens dans la vie inconsciente, elle désigne sans doute des intérêts profonds*" (Bachelard, cité par Merlin et Choay, 2000). Il est par exemple rare que les citadins ne perçoivent pas les changements paysagers affectant leurs espaces du quotidien. Le paysage urbain est donc un élément actif du fonctionnement des villes (Allain, 2004).

Caractères du lieu	Significations sociales et culturelles du lieu
Axes structurants et relations d'axes Repères et volumes marquants Limites physiques et administratives Fonctions et paysages	Coordonnées symboliques Marqueurs territoriaux Limites culturelles, historiques, symboliques Images et représentations symboliques et/ou fonctionnelles

***Tableau 4 : La ville, du concret au représenté** (In Bailly, 1995, d'après Lynch, 1969)*

Pour appréhender ce lien entre paysages et citadins, l'utilisation de techniques indirectes semble donc plus pertinente. Ces méthodes évitent, par exemple, que les appréciations se calquent sur les discours consensuels très prégnants. C'est dans cette optique que la technique des *mental maps*[26] a été créée. Elle permet de découvrir comment les citadins se représentent leur ville (Cauvin, 1998) en faisant apparaître les distorsions de l'espace perçu (Gumuchian, 1991). A chaque caractéristique d'un lieu sont donc associées des représentations qui, constamment, redéfinissent la ville en contribuant à l'élaboration de distances multiformes. (tableau 4).

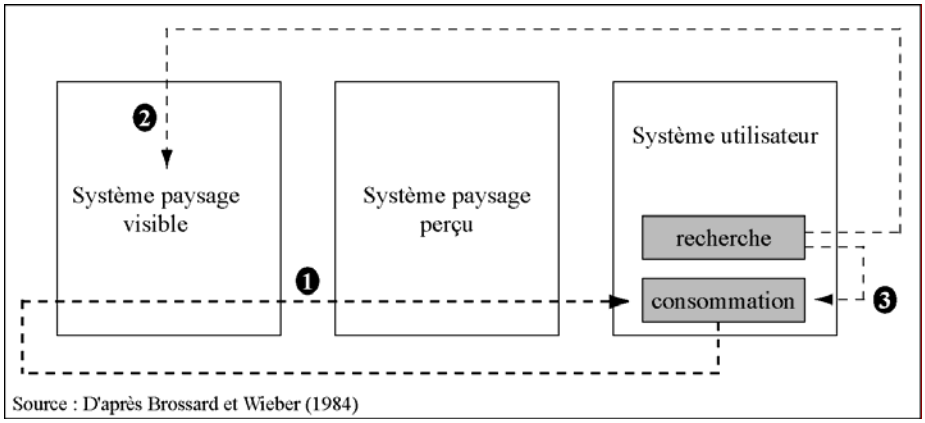


Figure 26 : Positionnement méthodologique de la recherche

[26] - Dessins à main levée des espaces urbains fréquentés.

Pour notre part, dans un même souci d'objectivité, nous chercherons dans les choix d'itinéraires l'expression de l'attrait ou du rejet de certaines formes paysagères.

Selon cet axiome, nous reprenons le polysystème paysage[27] qui sert de base conceptuelle à notre travail (figure 26). Pour mettre en évidence notre démarche, nous distinguerons trois éléments repérables :

- Le premier (1) correspond à notre hypothèse de travail. Les choix d'itinéraires sont considérés comme les révélateurs des préférences paysagères des piétons : le paysage visible puis perçu influence la consommation des espaces en marche à pied. L'action du filtre perceptif sera donc analysée selon ce processus et nous chercherons à dégager des règles communes de perception des paysages. Pour cela, nous utiliserons deux bases de données spécifiques.
- Nous nous livrerons à un recensement du paysage visible (2). Une enquête terrain permettra de recueillir des données sur les informations visuelles auxquelles sont soumis les piétons lors de leur trajet. Ce recensement se fera, dans la mesure du possible, en respectant les règles d'objectivité adéquates.
- La troisième étape (3) consistera à étudier le système utilisateur. Pour cela, nous enregistrerons des trajets effectués en marche à pied, ce qui permettra d'étudier les comportements en aval du filtre perceptif. Nous pourrons ainsi, sous certaines contraintes, tester si le lien supposé entre paysages et mobilité pédestre est valide.

Conclusion

Le paysage se trouve au centre de nombreuses thématiques de recherche, dans des disciplines variées. Il fait appel à de multiples compétences, engage de nombreux acteurs et recouvre des besoins très différents (Rimbert, 1973). Complexe, le paysage n'en est pas moins un moyen de valorisation de l'espace urbain.

A ce sujet, la remise en cause actuelle de l'étalement urbain amorce une nouvelle tendance : les réflexions en matière d'urbanisme portent davantage sur les formes urbaines existantes. Insertion, destruction, réhabilitation, transformation sont les maîtres mots de politiques de la ville qui se recentrent sur le préexistant. L'occasion semble unique de repositionner le paysage urbain au centre du débat et de sortir par la même occasion d'une conception trop simpliste. L'enjeu est d'importance car en intervenant sur les paysages, on peut espérer valoriser l'opinion que les citadins portent sur l'environnement urbain et, au-delà, favoriser l'usage des modes de déplacement doux qui sont intimement liés à la notion d'ambiance urbaine.

Au final, nous plaiderons avec A. Berque (1995b) pour une "*mise en scène paysagère*", pour un paysage qui serait plus adapté aux attentes des citadins et à ceux qui y sont le plus sensible, les piétons ; car le paysage est soumis à la vue mais aussi et surtout lieu de pratiques

[27] - Duquel a été retiré le système producteur.

individuelles (Collot, 1986) qui lui sont en partie liées. Evidemment, un tel vœu implique un gros effort d'objectivation des préférences paysagères. Cette responsabilité incombe en partie aux géographes du fait de leurs compétences dans le traitement des données spatialisées. Pour notre part, nous prendrons à notre compte l'analyse désagrégée des choix d'itinéraires en liaison avec les paysages.

Conclusion de la première partie

La ville est soumise à un double processus, territorial et comportemental, néfaste à la mobilité pédestre. D'un côté, elle doit faire face à un phénomène d'étalement et de perte de mixité fonctionnelle, de l'autre on relève une modification des comportements, un processus d'individuation et la recherche d'une plus grande autonomie. Ces deux dynamiques sont en adéquation avec un lien central et pérenne, la mobilité motorisée. Mais le tout automobile va à l'encontre de la mobilité urbaine durable qui doit satisfaire un ensemble de besoins variés et souvent antagonistes ; citons pêle-mêle l'accessibilité, l'équité sociale et générationnelle, la sécurité, la préservation de l'environnement et l'efficacité économique.

Loin de satisfaire toutes ces attentes, la ville semble donc malade de sa mobilité, comme le prouvent la surenchère des termes et des concepts liés à la multiplication des questionnements. D'ailleurs, les experts urbains issus de nombreuses disciplines se sont pressés à son chevet, apportant des éléments de diagnostics et des remèdes plus ou moins satisfaisants, parfois caricaturaux. Ainsi, si la nouvelle réalité urbaine, réticulaire, bouscule l'urbanisme historiquement aréolaire (Dupuy, 1991), il faut se garder de faire la promotion d'un urbanisme passé car la périurbanité ne doit pas nécessairement être assimilée à une dégradation de l'urbanité. A ce sujet, V. Fouchier (1997) rappelle que les deux orientations majeures que l'on retrouve dans la littérature présentent avantages et inconvénients. Le scénario pour la densité insiste sur l'aspect développement durable mais minimise l'impact économique positif de l'accessibilité. Le scénario pro automobile met en évidence les bénéfices de la mobilité au détriment des réflexions environnementales. Il n'y a donc pas de solution miracle et s'il en existait une, gageons qu'elle eut été appliquée depuis longtemps.

Les pistes de recherche potentielles sont donc nombreuses et nous insisterons sur deux questions qui restent, à notre sens, en suspens : s'est-on suffisamment interrogé sur les représentations des piétons ? Le rôle des paysages urbains n'a-t-il pas été injustement délaissé ? La production des villes occidentales reste très sectorisée : "*les infrastructures aux ingénieurs, les produits, les typologies et les terrains aux promoteurs, les délaissés de voirie aux paysagistes, la façade aux architectes*" (Mangin, 2004). Cette "classification" prouve que la planification urbaine est encore essentiellement tournée vers le morphologique et peu attentive aux attentes des citadins. Or, les travaux sur le paysage urbain peuvent agir pour une

mise en commun de ces thématiques, comme un vecteur des questionnements sur les déplacements et plus généralement sur les conditions de vie en ville. Ils doivent ainsi constituer un outil d'une indéniable richesse qu'il faut, à notre sens, mobiliser pour mieux comprendre les déplacements pédestres car, comme le notent J. R. Carré et A. Julien (2000), il faut valoriser l'environnement urbain et la qualité de l'espace public pour encourager le choix de la marche à pied. Peut-être est-il temps, en effet, de faire disparaître du langage des aménageurs la formule "circulez, y'a rien à voir !".

DEUXIÈME PARTIE

FORMALISATION THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE DES QUESTIONNEMENTS SUR LES DÉPLACEMENTS PÉDESTRES

Introduction de la deuxième partie

Au regard des arguments développés dans la première partie, on est en droit de se demander si les acteurs de la ville connaissent réellement les attentes des piétons. Dans le but d'aider les aménageurs soucieux de promouvoir la mobilité pédestre, les recherches sur les déplacements en milieu intra-urbain doivent donc davantage intégrer des données qualitatives (Handy, 1996 ; Røe, 2000), telles que les paysages, pour comprendre comment les individus déterminent et ressentent leurs trajets routiniers en milieu urbain. Depuis les années 70, le paysage est considéré comme un champ scientifique à part entière et est analysé comme tel par les géographes notamment. Mais les paysages urbains font encore trop rarement l'objet d'analyses objectives visant à établir des diagnostics spatiaux et comportementaux. Ainsi, les connaissances sur les préférences paysagères gagneraient à être complétées et mises en débat par des études basées sur les préférences effectives des citadins. Car s'il est désormais acquis que "*la ville doit être lisible*" (Cauvin *et al.*, 1998) pour satisfaire les attentes spatiales des urbains, il reste à fournir une définition précise de ce besoin de lisibilité.

Parallèlement, les travaux sur les pratiques pédestres se sont particulièrement développés ces dernières années : les thématiques abordées se sont multipliées et de nouveaux outils sont apparus. Mais ils restent encore circonscrits à quelques thèmes récurrents qu'il faut à notre sens élargir. Partant de ce constat, nous proposons d'étudier de manière très détaillée les portions de l'espace urbain pratiquées et appréhendées par les piétons. Notre hypothèse est qu'au-delà de leur aspect fonctionnel, l'impact visuel des lieux influence la fréquentation pédestre. Outre les différences propres à chaque individu, cela signifie que l'espace, appréhendé visuellement le long du réseau viaire, joue un rôle dans les choix d'itinéraires. Pour vérifier cette hypothèse, il est nécessaire de confronter des données sur les déplacements pédestres avec une description précise des paysages. Mais cela doit se faire dans un cadre bien défini qui nous conduit à décrire les travaux déjà entrepris sur la mobilité urbaine et les processus de décision au sens large.

Dans le premier chapitre, nous détaillerons le mode d'acquisition des données que nous utiliserons par la suite. Les villes de Besançon et de Lille, qui constituent notre terrain d'étude, sont chacune l'objet de deux enquêtes spécifiques. L'une porte sur le relevé d'itinéraires en marche à pied et l'autre s'attache à relever les paysages urbains de manière précise.

Le deuxième chapitre présente l'étape essentielle de modélisation et de description des formes du réseau viaire. Cette étape, souvent effectuée selon les préceptes de la théorie des graphes,

semble redynamisée par l'apparition d'un nouveau concept, la syntaxe spatiale, dont les hypothèses sont parfaitement adaptés aux questionnements sur la marche à pied.

Dans le troisième chapitre sont exposés les avantages de la démarche modélisatrice appliquée aux déplacements pédestres. Nous faisons ensuite référence aux travaux des économistes et des psychologues pour les concepts et les modèles qu'ils ont su développer. Il ne s'agit pas d'une prise de distance avec la géographie mais plutôt d'un enrichissement au contact de disciplines habituées à traiter des comportements individuels et des processus de décision.

Le rôle de cette partie est donc de formaliser les données, théories et méthodes qui seront employées par la suite. Ce n'est que dans la troisième partie que nous passerons à la phase opérationnelle et expérimentale, ce qui impliquera de revenir sur ces méthodes en les instrumentant.

Chapitre 1

Terrain d'étude et constitution des bases de données marche à pied et paysages

Le constat quantitatif concernant la mobilité pédestre est sans appel. Depuis plusieurs décennies, celle-ci n'a cessé de régresser au profit des transports motorisés malgré l'instauration de mesures visant à enrayer ce déclin. C'est pourquoi la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'analyse semble recommandée. Cela passe notamment par l'utilisation de bases de données spécifiques et adaptées aux nouveaux questionnements. Ainsi, pour répondre aux interrogations de J. P. Péneau (2000) sur l'appréhension des perceptions et les impressions des citadins en fonction des ambiances urbaines, nous proposons de croiser des données sur les itinéraires pédestres avec des relevés sur les paysages urbains, l'hypothèse étant que les choix effectués révèlent, moyennant de nombreuses précautions méthodologiques, les préférences des piétons. Ces deux bases de données constituent le socle sur lequel s'appuiera notre travail ; c'est pourquoi, après avoir présenté les deux zones d'étude, nous les décrirons précisément dans ce chapitre.

1. Un terrain d'étude double

Notre terrain d'étude est constitué des villes de Lille et de Besançon. La ville de Besançon présente les caractéristiques d'une ville de taille moyenne. La commune de Lille se trouve au centre d'un territoire très fortement urbanisé qui se classe au quatrième rang des agglomérations françaises. L'objectif est de confronter les résultats des analyses pour ces deux territoires urbains fondamentalement différents, tant du point de vue de la taille que de la morphologie, du fonctionnement et des paysages. Analyser les déplacements pédestres au

regard des paysages urbains est un exercice délicat qui peut s'avérer périlleux lorsque l'on travaille sur deux entités urbaines aussi dissemblables. Mais c'est au prix de cette comparaison que nous pourrons éviter les écueils d'une analyse dépendante des spécificités locales.

Il existe au moins un point commun entre Lille et Besançon : elles sont toutes deux engagées dans des démarches d'agenda 21 devant favoriser l'application aux territoires des engagements sur le développement durable. Bien que cette implication, qui consiste à développer la mobilité durable pour conjuguer bien-être des citadins et protection de l'environnement, soit un dénominateur commun aux deux villes, celles-ci sont beaucoup trop différentes pour que nous réalisions une comparaison *stricto sensu*. Nous insisterons donc sur les spécificités de chacune de ces villes.

1.1. Besançon, une ville moyenne

On compte aujourd'hui 115 000 habitants sur le territoire communal et plus de 170 000 dans le grand Besançon. Située au pied de la bordure ouest de la chaîne jurassienne, la ville est entourée d'éléments topographiques relativement vigoureux qui sont par nature moins favorables à la pratique des modes doux.

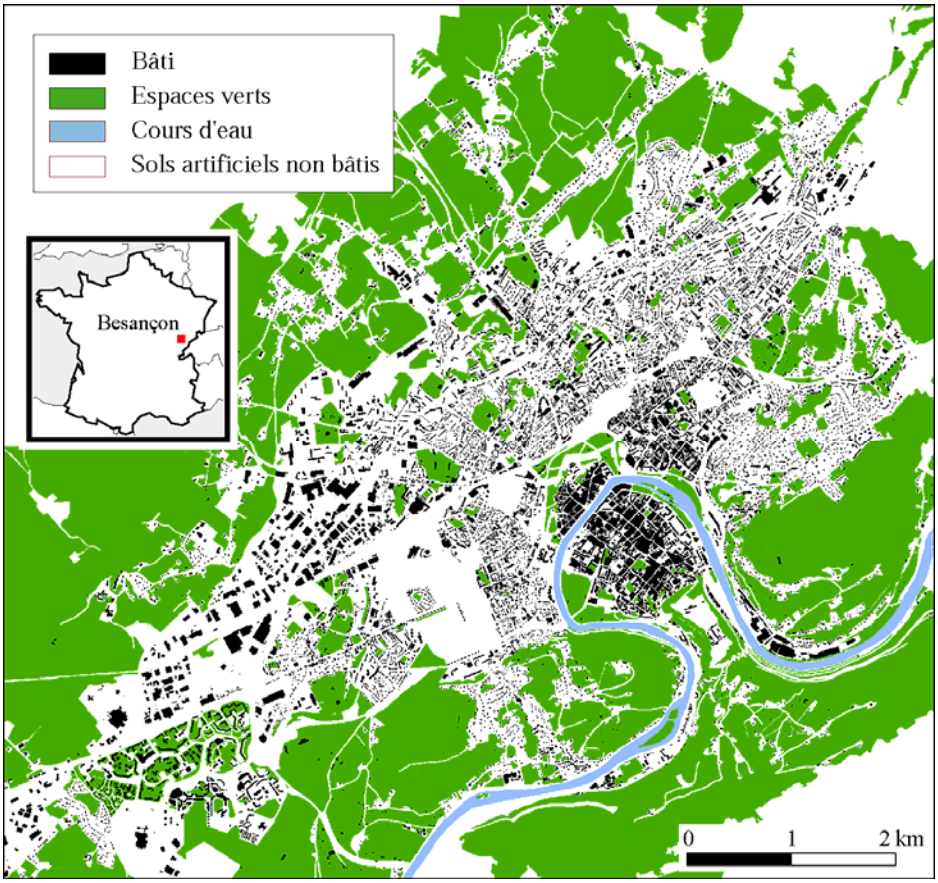


Figure 27 : Carte d'occupation du sol de Besançon

1.1.1. Etalement urbain

Malgré les préconisations du schéma directeur de l'agglomération bisontine, la ville a connu une phase d'étalement urbain mal maîtrisé. Ainsi, entre 2000 et 2003, la croissance de la consommation foncière a largement dépassé les prévisions. Chaque hectare construit accueille désormais moins de 50 habitants contre 100 dans les années 60 (AUDAB, 2006). Comme dans la plupart des villes françaises, l'étalement est donc lié à une baisse des densités : la surface urbanisée de Besançon, actuellement de 5 000 hectares, n'occuperait que 2 500 hectares si les densités étaient les mêmes qu'en 1960 (AUDAB, 2006).

C'est à partir de la fin des années 1960 qu'a débuté le phénomène de périurbanisation dans les communes périphériques alors que le centre enregistrait un ralentissement de sa croissance. A la construction des grands ensembles, dès le début des années 50, a succédé, en 1961, un plan d'aménagement concerté qui a entraîné la création des premières zones d'activités et industrielles en périphérie. Surtout, le plan a programmé la construction d'un quartier d'habitation d'une taille considérable, Planoise, prévu pour 40 000 habitants, mais dont l'objectif ne fut jamais atteint (Borraz, 1998). Entre 1975 et 1982, la dynamique s'est accentuée et Besançon était l'une des villes françaises qui connaissait la plus forte périurbanisation. Depuis 1982, on note un ralentissement de l'étalement urbain, même si les communes périphériques restent les plus dynamiques.

Aujourd'hui, avec 93 % de la population dans la ville-centre, le phénomène d'étalement urbain semble plutôt réduit, comparativement aux autres villes françaises. Toutefois, la superficie importante de territoire communal et l'existence d'une ceinture verte dans le SDAU[28], aisément repérable sur la figure 27, masquent en partie le phénomène d'étalement du point de vue statistique. Le problème de périurbanisation est donc tout aussi prégnant à Besançon car l'existence de cette ceinture verte, initialement prévue pour limiter l'expansion de la ville, a engendré une rupture entre Besançon et sa périphérie, repoussant les implantations périurbaines et compliquant la gestion des flux pendulaires notamment. Cela explique sans doute la faiblesse des transports en commun bisontins pour les liaisons ville centre - périurbain : il ne représentent que 10 % des déplacements. Et le problème ne se résorbera pas facilement puisque les flux entre Besançon et les communes périphériques sont passées de 643 000 km/jour en 1990 à 830 000 km/jour en 1999.

1.1.2. Partage modal

Comme dans la majorité des villes françaises, un processus de spécialisation s'est également opéré dans l'espace bisontin. Associé à l'étalement urbain, il a engendré des flux toujours plus importants, concourant ainsi à la congestion des voies. Notons par exemple que 90 % des emplois sont occupés par des personnes dont le lieu de résidence ne se situe pas dans le même quartier. Ce constat prend tout son sens lorsque l'on sait qu'à Besançon, la marche à pied est le mode le plus utilisé pour les déplacements internes au quartier (49 % de part de marché et même 70 % pour le centre-ville). Conséquence directe de la dissociation domicile-travail, 55 %

[28] - Schéma directeur d'aménagement urbain, remplacé par le schéma de cohérence territoriale (SCOT) depuis 2004.

de ces déplacements se font en automobile alors que la marche plafonne autour de 26 % (tableau 5).

Déplacements	Marche	Voiture	TC
Internes au quartier	48,7 %	33 %	7,3 %
Vers des quartiers voisins	15,5 %	54,2 %	14,6 %
Vers des quartiers plus éloignés	4,2 %	64,3 %	20,8 %
Ensemble de Besançon	26 %	55 %	16,2 %

Tableau 5 : Les déplacements domicile-travail dans Besançon

(source INSEE - RGP 1999)

Avec la hausse des trafics motorisés, les problèmes de congestion s'intensifient, spécialement dans le centre ancien (11 000 entrées quotidiennes pour 6 points d'accès) mais aussi dans la première couronne et en périphérie proche (TRANSITEC, 1999). Dans l'agglomération, 81 % des déplacements se font en automobile alors que de nombreuses rues bisontines sont peu adaptées à de tels niveaux de circulation. Cela rend plus impératif encore les réflexions sur les modes de déplacement doux et la mise en œuvre de politiques volontaristes de limitation de la circulation automobile.

En terme de politique de déplacements, la ville de Besançon est une ville pionnière (Mignot, 2001). Dès 1974, des mesures phares y ont été instaurées : création d'une vaste zone piétonnière (d'un superficie d'environ 9000 m²), réduction de l'accès de certaines rues pour préserver l'hypercentre de l'automobile, limitation du nombre de places disponibles sur la voirie et développement d'un transport public performant. Besançon reste par exemple l'une de villes françaises où les transports publics sont les plus utilisés (Kaufmann, 2003). Mais ces bons points sont à mettre en parallèle avec les facilités accordées à l'automobile et l'on se contentera de citer ici les 12 000 places de stationnement[29] (58 % publique, 42 % privé) dont dispose la ville (Kaufmann, 2003).

1.1.3. Plan de déplacements urbains

C'est une particularité, le territoire urbain bisontin comporte deux PDU[30] car il y a deux entités responsables des transports au sein de la communauté d'agglomération du grand Besançon. La ville de Besançon est responsable des transports urbains alors que le syndicat mixte des transports du grand Besançon a la responsabilité des zones périurbaines. La communauté d'agglomération, qui regroupe 59 communes, assure tout de même le rôle d'autorité organisatrice des transports et le travail de mise en concordance des deux PDU. La refonte des deux documents en un seul PDU d'agglomération est d'ailleurs engagée depuis 2004.

Dans son contenu, le PDU de la ville de Besançon, qui nous intéresse en premier lieu, espère faciliter les besoins de mobilité afin de ne pas nuire au développement économique tout en préservant la qualité de vie des citadins (TRANSITEC, 2000) par l'usage des modes de transport doux. Mais, lors de réunions sur le projet d'agglomération de Besançon, l'atelier

[29] - Que l'on peut comparer aux 3 800 places de stationnement de la ville de Berne.
[30] - Tous deux approuvés en 2001.

"mobilité-accessibilité" a pointé du doigt le "*manque de cohérence globale entre les différentes interventions*", notamment au sujet des modes doux. Par ailleurs, les jugements sur le PDU sont peu flatteurs : les participants à l'atelier regrettent, bien qu'il soit en conformité avec la réglementation, son manque de souffle. Dans cette optique sont évoqués les bénéfices d'une meilleure connaissance des comportements des citadins afin de remettre en cause la suprématie de l'automobile. Parallèlement, des pistes de réflexion classiques sont citées comme le respect des formes urbaines traditionnelles, le maintien de la mixité du bâti ou l'équilibre entre centre et périphérie.

1.2. Lille, une agglomération millionnaire

Peu contrainte par le relief, l'agglomération lilloise se trouve à une situation de carrefour dans le nord de l'Europe. Suite à l'ouverture du tunnel sous la Manche en 1994, Lille est devenu un nœud ferroviaire entre Paris, Londres et Bruxelles. La ville cherche à tirer parti de cette position en repensant sa politique urbaine. La création d'Euralille, quartier d'affaires créé avec la nouvelle gare TGV, ou la réhabilitation du centre ancien à des fins touristiques sont des exemples emblématiques des changements qui ont affecté la physionomie de la ville.

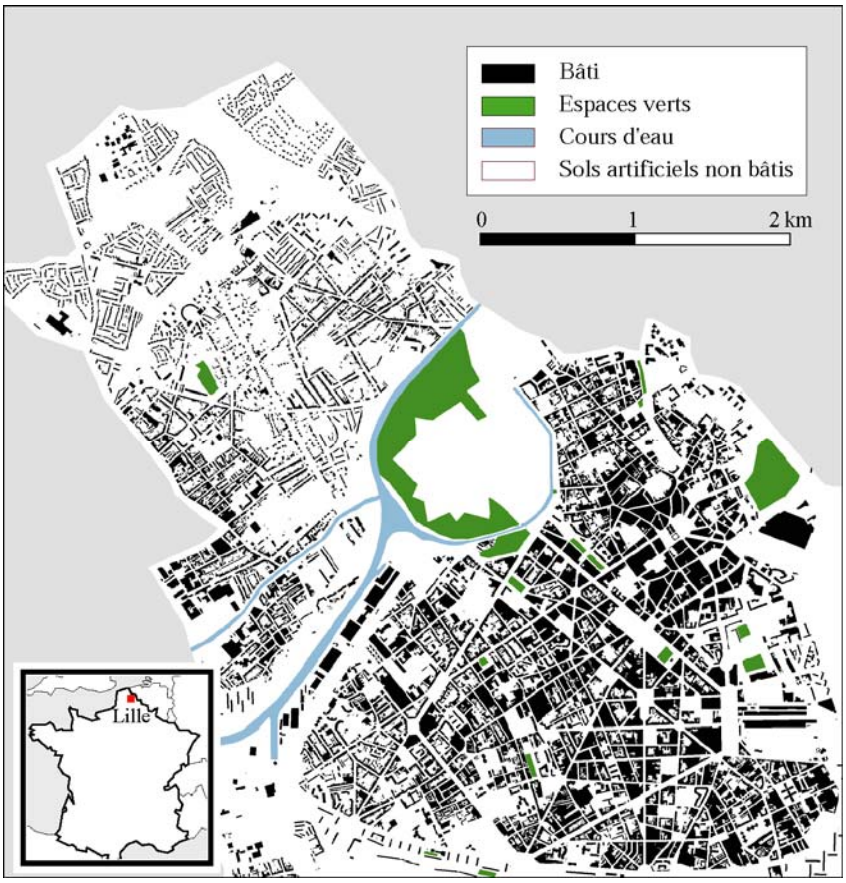


Figure 28 : Carte d'occupation du sol de Lille

1.2.1. Etalement urbain

Du fait de la taille de l'agglomération, l'intensité et la forme du phénomène de périurbanisation sont très spécifiques et difficilement appréhendables. La commune de 220 000 habitants est absorbée par la ville centre (375 000 habitants) d'une agglomération qui regroupe 900 000 habitants. Dans la communauté urbaine, on compte plus d'un million de résidents et avec les communes belges transfrontalières, la population s'élève à environ 1 500 000 habitants. Il n'est donc pas aisé de délimiter cette vaste conurbation et les réflexions sur l'étalement urbain renvoient automatiquement aux problèmes de gestion d'un territoire multi-échelles.

La périurbanisation est forte (entre 30 et 35 % de l'aire urbaine) et surtout très dispersée avec une diffusion lointaine. Elle n'a pris une ampleur considérable que depuis la fin des années 70 et la communauté urbaine de Lille a ainsi quasiment doublé depuis quarante ans. Parallèlement, le centre est redevenu dynamique et très attractif depuis les années 80.

Dans ce contexte d'urbanisation rapide, la place des espaces verts publics a longtemps été négligée. Avec moins de quinze mètres carrés par habitant, la métropole lilloise était, jusque dans les années 90, l'une des moins vertes de France (figure 28). Pour remédier à cette situation, il a été instauré un schéma directeur vert de l'arrondissement de Lille visant à répondre aux besoins de nature et de qualité paysagère des habitants.

1.2.2. Partage modal

Etalement urbain et forte minéralisation sont évidemment propices à l'utilisation des modes de transport motorisés. Pourtant le partage modal n'est pas complètement défavorable aux modes doux et la marche à pied conserve une place tout à fait acceptable au sein de l'agglomération (tableau 6).

Année	Population	Nbre dép. /pers/jour	Marche	Vélo	TC	Modes motorisés
1987	1 093 000	3,46	32 %	3 %	7 %	56 %
Moy. nationale		3,38	28 %	3 %	10 %	59 %
1998	1 177 000	3,99	29 %	2 %	7 %	63 %
Moy. nationale		3,45	27 %	2 %	7 %	62 %

Tableau 6 : Répartition modale dans la communauté urbaine de Lille

(enquête ménages déplacements, CERTU, 1998, in Julien et Carré, 2003)

En outre, il faut noter que dans la commune de Lille, la marche à pied résiste beaucoup mieux qu'au sein de l'agglomération. Malgré la taille de l'espace urbanisé, les trajets de faible distance restent très prégnants comme dans la plupart des villes françaises. Un déplacement sur deux ne dépasse d'ailleurs pas deux kilomètres ce qui laisse à penser que la marche à pied pourrait encore progresser.

1.2.3. Plan de déplacements urbains

Nous l'avons déjà mentionné, la plupart des PDU énoncent des objectifs de rééquilibrage modal sur la seule foi des pourcentages d'usage. Cela ne traduit pourtant pas la réalité des

déplacements urbains puisque les distances parcourues en automobile ne cessent de croître. Le PDU de Lille[31] ambitionne toutefois la stabilisation du volume kilométrique de trafic motorisé et est, en ce sens, plus précis que la plupart des autres plans de déplacements urbains élaborés en France. Dans ses objectifs prioritaires, on retrouve aussi la volonté de réduire des nuisances associées aux modes motorisés comme la pollution, le bruit ou les accidents de la circulation. Dans cette optique, un développement des zones 30 est prévu afin de garantir un meilleur partage de la voirie entre les modes. La communauté urbaine de Lille a par exemple réalisé une typologie des voiries en quatre classes selon leur morphologie et leur insécurité (Héran, 2002). Des aménagements plus ciblés pourront ainsi être réalisés, notamment pour favoriser la marche à pied. Le PDU lillois espère multiplier par deux la part modale du vélo et maintenir la part de la marche grâce à la mise en place de schémas directeurs vélos et piétons. Au-delà des effets d'annonce, la mission PDU de la communauté urbaine de Lille a développé un outil informatique pour calculer les zones accessibles à pied. Cette démarche, rare pour une collectivité, consiste à calculer l'accessibilité des pôles[32] et à croiser les résultats avec le nombre d'emplois et d'entreprises. Elle permet également de calculer la perméabilité des quartiers à la marche à pied. Les documents ainsi produits servent de base de travail très concrète aux élus, techniciens et aménageurs.

Très axé sur le maintien des modes de transport non motorisés, le PDU lillois a d'ailleurs remporté le prix ADEME-GART (groupement des autorités responsables de transports) pour son traitement de la thématique des modes doux.

2. L'enquête marche à pied

Cette enquête a permis d'obtenir une information précieuse sur les itinéraires pédestres. En effet, de telles bases de données sont plutôt rares et nous présenterons ici le mode d'acquisition choisi.

2.1. La mobilité intraurbaine au centre des attentions

Pour travailler sur la mobilité urbaine, il est nécessaire de disposer de données spécifiques sur les déplacements. P. Merlin (1998) dénombre deux sources principales de données sur la mobilité intraurbaine : (i) le recensement général de la population qui permet de connaître le niveau de motorisation de chaque ménage et le lieu d'emploi de chacun de ses membres (fichier Mirabel-INSEE), (ii) les enquêtes par sondage auprès d'un échantillon censé être représentatif, qui portent plus précisément sur la mobilité quotidienne. Ces enquêtes ciblées sont évidemment les plus intéressantes du fait de leur précision. Elles peuvent être scindées en deux grands groupes selon les objectifs visés. Ces objectifs sont fondamentaux car ils renvoient à deux grands champs de la recherche sur les transports.

[31] - Approuvé en 2000.
[32] - A la gare par exemple.

Le premier type d'enquête permet d'obtenir des informations sur les déplacements urbains et de dresser un état des lieux, sorte de photographie d'une situation à un moment donné. Très utile aux aménageurs, il permet d'établir un diagnostic du fonctionnement du territoire urbain à des fins de planification. Il permet aussi, par la mise en place de scénarios, de déterminer les orientations futures en terme de gestion d'infrastructures de transports et de politiques de déplacements, dans l'optique d'une mobilité plus efficace et plus durable. Les enquêtes correspondantes contiennent, en général, de très nombreuses origines-destinations de déplacements mais ne comportent pas d'informations complémentaires détaillées. Les **enquêtes ménages déplacements**, réalisées tous les 10 ans environ, obéissent à une méthodologie mise en place par le CERTU ; elles sont la principale source d'information disponible au sujet des déplacements urbains. Elles recensent, au sein de l'agglomération étudiée et pour chaque ménage enquêté, l'ensemble des déplacements effectués par les personnes la veille du jour d'enquête. Cette méthode a fait ses preuves depuis plusieurs décennies et présente l'avantage d'être réalisée sur un échantillon important (plusieurs milliers de ménages) selon une méthodologie identique d'une ville à l'autre. Les informations recueillies portent sur les caractéristiques socio-économiques des personnes, sur leur mobilité quotidienne en terme de choix modal, de motif et plus généralement sur leur ressenti au sujet de leur ville. Le découpage utilisé est fin et homogène en terme de structure urbaine et sociale (CERTU, 2004). Mais les résultats qui émergent de ces enquêtes ne nous renseignent pas sur les conditions de déplacements, notamment en ce qui concerne les modes doux. En outre, les flux ne sont pas relevés directement mais plutôt recréés à partir des origines et destinations enregistrés. Il en va de même pour l'**enquête transports et communications**, conduite par l'INSEE et l'INRETS, qui procure des informations sur la mobilité quotidienne des ménages. Elle fonctionne sur la base du carnet de déplacements rempli pendant une semaine. Sont consignés, pour chaque déplacement effectué, le motif, les horaires, les distances parcourues et les modes empruntés mais elle ne recense malheureusement pas les itinéraires des déplacements. Par ailleurs, il faut noter que ces enquêtes ne permettent pas de recueillir les opinions qualitatives des personnes sur leurs déplacements (Orfeuil, 2002). De plus, la période d'une semaine peut sembler discutable : R. Schlich et W. Axhausen (2003) ont, par exemple, démontré que les enquêtes devraient être menées pendant un minimum de deux semaines pour prendre en compte la variabilité croissante des pratiques de déplacement.

Les enquêtes traditionnelles sur la mobilité, essentiellement quantitatives, sont donc habituellement réalisées auprès d'un grand nombre de personnes puis codées sous la forme de matrices origine-destination. Pour analyser ces jeux de données, les modèles gravitaires sont couramment employés (Pumain, Saint-Julien, 2001) et l'on ne s'intéresse au réseau viaire que par une méthode d'affectation des trafics prévisibles (automobiles, pédestres…). Par cette entrée, on tente de saisir le mode de fonctionnement urbain au sens large même si les enquêtes présentées ci-dessus invitent aussi à se questionner sur les pratiques de mobilité. Aussi intéressantes soient-elles, les informations relevées ne permettent toutefois pas de disposer de données précises sur les choix d'itinéraires des individus. On rappellera aussi qu'elles donnent souvent lieu à des analyses agrégées qui dominent malheureusement encore trop couramment dans les travaux sur la mobilité (Batty, 1997). Pour les besoins de notre recherche, nous ne pouvions nous satisfaire de ces méthodes qui considèrent le mouvement comme une simple

action consistant à rallier une origine à une destination et qui font abstraction des caractéristiques du déplacement.

C'est dans cette optique que la seconde catégorie d'enquêtes se révèle indispensable. Essentiellement réalisée dans le cadre de recherches scientifiques, elle s'attache à décrire plus finement les comportements de mobilité intraurbaine en recueillant des données très précises sur les déplacements. Les méthodes que l'on peut rencontrer dans la littérature scientifique et qui permettent d'enregistrer des données sur les déplacements sont multiples. Toutefois, on prendra à nouveau soin ici d'opérer une distinction entre approches quantitatives et approches réellement comportementales.

En écologie, deux approches principales existent pour recenser les mouvements d'espèces animales : l'approche lagrangienne et l'approche eulérienne (Turchin, 1998). L'approche lagrangienne consiste à suivre un animal et à enregistrer, à des pas de temps réguliers, sa position dans l'espace. Le déplacement est ainsi recensé très précisément. L'approche eulérienne fonctionne à partir de lieux d'enregistrement localisés dans l'espace et mesure le nombre d'espèces transitant par ces lieux, pour un intervalle de temps donné. Les enquêtes sur les déplacements pédestres de personnes fonctionnent également selon ces deux principes mais on parlera davantage d'approche par suivi et d'approche par comptage. Il faut prendre conscience ici que ces deux techniques ne recouvrent pas les mêmes objectifs d'analyse. La méthode par comptage permet surtout de faire un diagnostic spatial ; elle est représentative de la réalité et se rapproche des enquêtes traditionnelles. Les analyses auxquelles elle donne accès se font de manière agrégée. La méthode par suivi s'attache davantage à l'étude de l'individu et ne cherche pas obligatoirement à être représentative. Même si l'opposition est dans la pratique moins tranchée car des méthodes intermédiaires existent, on peut toutefois réaliser, au regard de ces deux approches, une liste non exhaustive des techniques d'enquête généralement employées. Les éléments bibliographiques proposés ne figurent ici qu'à titre indicatif ; ils proposent arbitrairement un article traitant de la marche à pied et représentatif de chaque méthode citée.

Les **enquêtes par comptage** sont essentiellement représentées par la technique des portes (Desyllas et Duxbury, 2001), qui permet de compter dans toutes les rues (lorsque la zone étudiée est restreinte) ou dans les rues sélectionnées, le nombre de piétons pour une durée déterminée. Cette technique se révèle pratique et sûre si l'échantillonnage temporel est réalisé de façon sérieuse. Elle s'apparente aux campagnes de comptage des véhicules sur la voirie, très utilisées par les services municipaux chargés des transports et les DDE.

La technique des portes se fait en général de visu, par les enquêteurs, mais d'autres méthodes peuvent être utilisées. Ainsi, certaines consistent à compter le nombre de piétons à partir de photos prises dans les rues ou même à partir d'enregistrements vidéo.

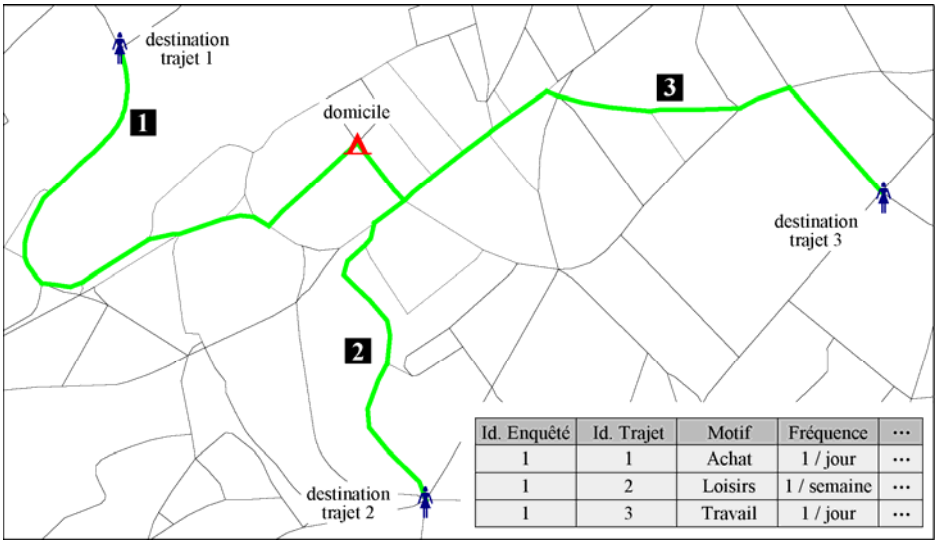
Les **enquêtes par suivi** sont, semble-t-il, plus rares que les précédentes alors même que, dans un contexte qui voit la marche à pied marquer un net recul, il est désormais admis qu'une plus fine connaissance des pratiques pédestres est indispensable. Ainsi, "*les déplacements correspondent à la somme de décisions individuelles (...) pour comprendre les déplacements*

dans leur ensemble les chercheurs doivent donc comprendre les différences décisionnelles entre individus" (Handy, 1996). C'est la raison pour laquelle ce type d'enquête est indispensable dans l'optique de combler le manque de connaissance concernant l'organisation de la mobilité pédestre. En effet, les comportements des piétons ont été trop longtemps maintenus à l'écart des réflexions sur la mobilité pédestre. Pourtant, l'analyse du choix d'itinéraires en tant qu'appropriation de l'espace se révèle très utile. Elle peut témoigner de la relation qui se noue entre les piétons et l'environnement urbain pour peu que l'on prenne soin de recenser des trajets routiniers. En effet, ces trajets, répétés dans le temps, ressemblent, pour reprendre l'image de J. Gracq (1985, cité par Orain, 1997), au fil d'Ariane du citadin dans l'espace urbain. Dans une optique de recherche des incidences paysagères sur les trajets pédestres et malgré la taille de l'échantillon beaucoup plus réduite que cela impliquait, le recueil précis d'itinéraires paraissait donc inévitable. Pour ce faire, plusieurs techniques pouvaient être mises en œuvre.

La plupart du temps, les piétons sont suivis directement lors de leurs trajets sur le terrain, pour enregistrer précisément les itinéraires. On relèvera notamment la technique qui consiste à suivre les piétons avec un GPS, ce qui facilite grandement le travail de l'enquêteur. Plus poussée encore, la technique employée par J. R. Carré et A. Julien (2000), dans le cadre de leur étude sur la mesure de l'exposition au risque des piétons, consiste à suivre un individu pendant une journée et à relever toutes les séquences de marche grâce à un ordinateur portable de paume. Les informations recueillies sont très précises mais la taille de l'échantillon demeure restreinte. On pourra aussi consulter, des mêmes auteurs, la "base de données piétons" qui recensent certaines techniques permettant de relever des itinéraires. A ce sujet, l'un des exemples fournis est particulièrement intéressant : H. Ward *et al.* (1994) laissent les enquêtés enregistrer eux-mêmes sur support papier les déplacements qu'ils ont effectués (itinéraires, motifs, heures…). Les enquêteurs reproduisent ensuite les déplacements recensés pour collecter des données précises sur l'environnement (type de bâti, circulation, revêtement…). Toutefois, J. C. Foltête *et al.* (2002) ont remis en cause la capacité des personnes à retracer sur un plan les itinéraires empruntés ; c'est pourquoi ils ont opté pour une enquête téléphonique. C'est cette enquête, réalisée en 2001 au sein du laboratoire ThéMA dans le cadre d'un programme Action Concertée Incitative "Ville", que nous utiliserons dans la suite de nos travaux et que nous présentons rapidement ici.

2.2. Réalisation de l'enquête marche à pied

L'enquête visait à recueillir, dans les villes de Besançon et Lille, des trajets pédestres réguliers dont le point de départ était le domicile. Les enquêtés étaient invités à énoncer, par téléphone, les rues qu'ils empruntaient pour chaque trajet tandis que les enquêteurs localisaient les itinéraires suivis et les traçaient sur un plan. Un certain nombre de questions portant sur le motif, la fréquence ou le ressenti du trajet complétaient la description. Les seules caractéristiques individuelles renseignées concernaient l'âge, le sexe, la profession et le taux de motorisation.



Id. Enquêté	Id. Trajet	Motif	Fréquence	...
1	1	Achat	1 / jour	...
1	2	Loisirs	1 / semaine	...
1	3	Travail	1 / jour	...

Figure 29 : L'enquête marche à pied

Les données collectées, domiciles, destinations et surtout itinéraires pédestres, ont ensuite été géoréférencées et intégrées au sein d'un système d'information géographique (figure 29). Parallèlement, les données attributaires ont été implémentées dans un gestionnaire de base de données[33] selon le schéma conceptuel présenté dans la figure 30.

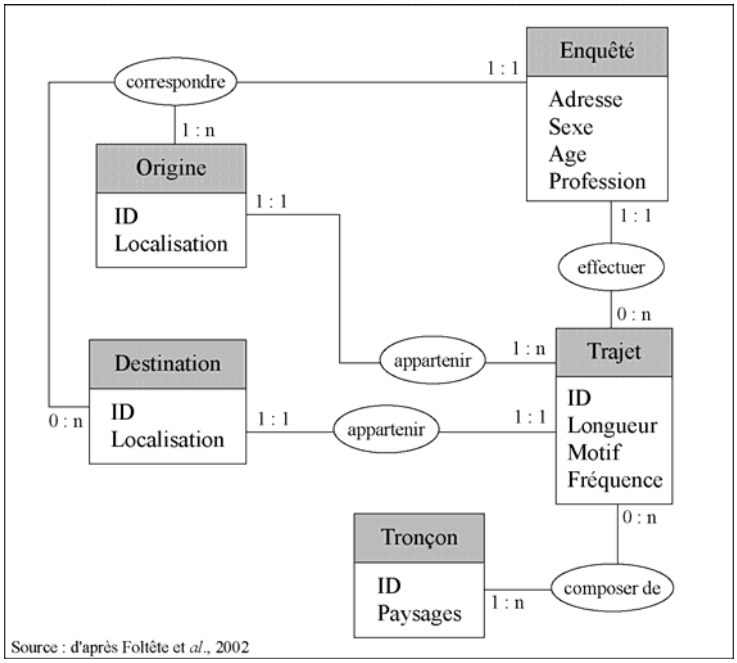


Figure 30 : Schéma conceptuel de la base de données

Au final, l'enquête a permis de recenser 665 trajets pédestres sur la ville de Besançon et 1 005 à Lille. De nombreuses analyses ont déjà été réalisées par J. C. Foltête *et al.* (2002) et C.

[33] - Le questionnaire peut être consulté en annexe 1.

Genre-Grandpierre et J. C. Foltête (2003), faisant émerger des résultats très intéressants. Pour notre part et dans un premier temps, nous constaterons simplement que ces trajets peuvent permettre d'établir une carte d'intensité du trafic pédestre. Celle de Besançon montre que les tronçons les plus empruntés se situent à proximité du centre-ville (figure 31). En dehors de cette zone, à mesure que l'on s'éloigne du centre, la charge diminue de manière progressive mais hétérogène. On peut toutefois noter l'existence d'une poche de marche à pied dans l'ouest de la ville ; elle correspond au quartier de Planoise dont nous avons parlé dans le chapitre précédent. Toutefois, cette carte ne présente qu'un intérêt relatif car les règles d'échantillonnage de l'enquête n'étaient pas basées sur la distribution de la population et des lieux d'activités. Par conséquent, les charges affectées à chaque tronçon ne donnent pas une vision parfaite de la marche à pied à Besançon. La même remarque vaut évidemment pour l'enquête lilloise. Ce n'est donc qu'en comparant ces trajets avec l'ensemble des itinéraires potentiels que nous pourrons utiliser à bon escient les résultats de cette enquête, l'objectif étant, rappelons-le, de mettre en évidence les choix d'itinéraires spécifiques des piétons.

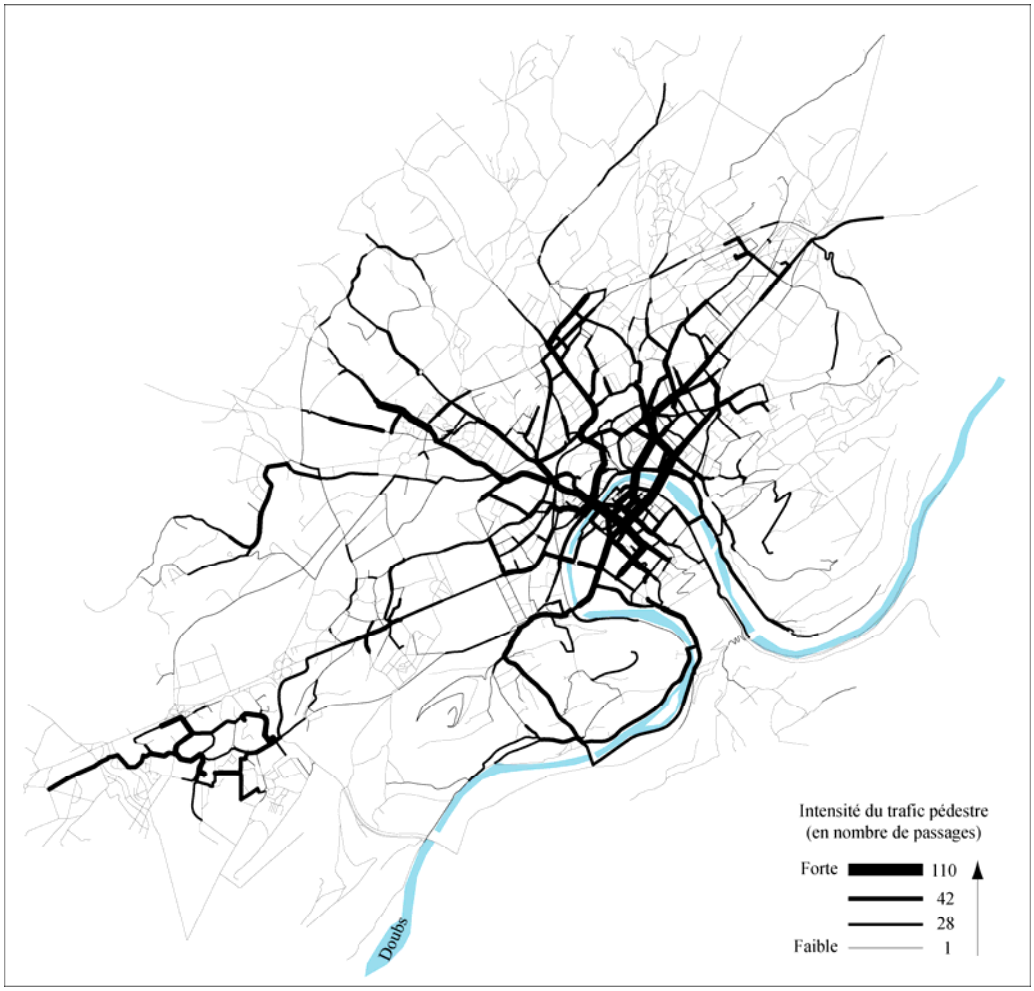


Figure 31 : Résultats de l'enquête à Besançon

2.3. Calcul d'intensité théorique du trafic pédestre par les plus courts chemins

Dans un premier temps, il est possible de simplement vérifier si les trajets recueillis sont conformes aux plus courts chemins. Pour cela, il suffit de déterminer l'intensité théorique du trafic pédestre à partir de tous les couples origine-destination issus de l'enquête. L'algorithme de plus court chemin de Dijkstra (1959) nous permet de définir les trajets optimaux, en terme de distance réticulaire. Par un simple procédé de comptage, chaque tronçon est ensuite caractérisé par une fréquentation réelle et théorique.

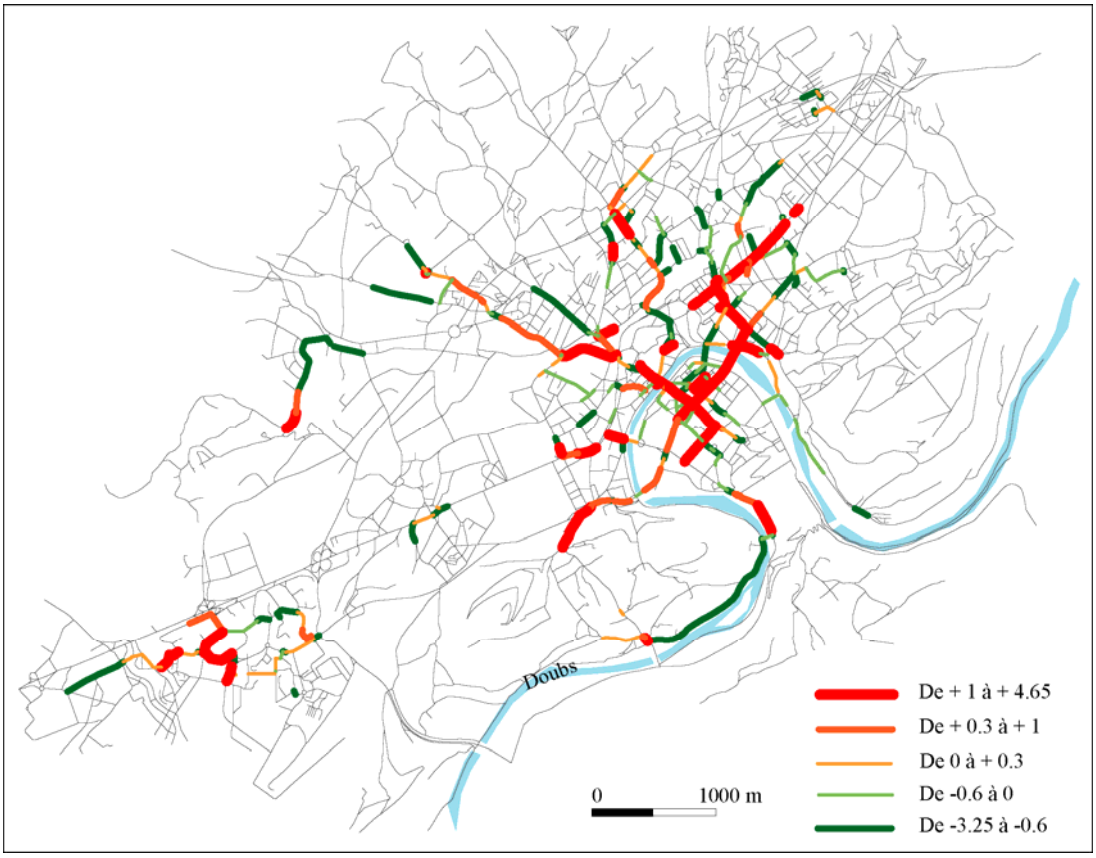


Figure 32 : Carte des résidus de la relation charge observée - charge simulée à Besançon

Les résultats issus des plus courts chemins peuvent être considérés comme une vue d'ensemble des comportements individuels de mobilité pédestre fondés sur l'hypothèse de minimisation de l'effort et du temps de parcours. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons effectué un calcul de corrélation entre les logarithmes des charges observées et simulées. La relation s'avère significative à Besançon puisque le coefficient de détermination r^2 est de 0,73 mais beaucoup moins à Lille (r^2=0,43), où les piétons semblent suivre moins systématiquement les plus court chemin. L'examen de la répartition spatiale des résidus du modèle à Besançon (figure 32) montre que les écarts au modèle ne sont pas répartis de manière aléatoire et qu'ils obéissent localement à certaines logiques. Ils mettent en évidence les spécificités des itinéraires de mobilité recueillis lors de l'enquête et donc les choix particuliers des piétons. Les résidus fortement positifs, qui correspondent aux tronçons de voirie dont la charge réelle a été sous-

estimée par le modèle, dessinent quelques grandes artères commerçantes de Besançon (Flitti et Piombini, 2003). L'étude des résidus négatifs montre à l'inverse que le réseau secondaire, qui offre structurellement des possibilités de plus courts chemins, enregistre une intensité de trafic pédestre plus faible que ne le laissait supposer le modèle.

Evidemment, il est restrictif de ne retenir qu'un seul plus court chemin pour chaque trajet et il est plus adéquat de définir un ensemble des possibles. Mais l'algorithme de Dijkstra n'est pas en mesure de donner d'autres résultats que le plus court chemin optimal. C'est pourquoi il faut utiliser une technique particulière, la simulation par impédance, pour calculer les plus courts chemins alternatifs permettant de joindre origine et destination[34]. Afin de révéler le faisceau des chemins potentiels pour chaque trajet, cette méthode attribue, de manière itérative et aléatoire, un poids différent aux arcs du réseau : leur longueur est artificiellement changée dans la limite de 100 à 150 % par rapport à leur longueur réelle. Pour chaque itération, l'algorithme est alors susceptible de "découvrir" un nouveau plus court chemin en fonction de ces modifications. Moyennant un nombre suffisant d'itérations et en éliminant les parcours redondants, tous les chemins potentiels sont ainsi déterminés. La succession des arcs constitutifs des plus courts chemins et leurs longueurs réelles[35] sont ensuite stockées. Leur utilité sera essentielle pour la réalisation des analyses que nous présenterons dans la troisième partie.

2.4. Sélection des aires d'étude

Nous avons sélectionné des aires d'étude réduites pour des raisons évidentes de faisabilité : un recensement paysager très précis portant sur l'intégralité des deux villes n'était pas envisageable. Toutefois, les zones sélectionnées, qui englobent plusieurs quartiers, sont suffisamment vastes pour que les contextes paysagers de choix d'itinéraires soient diversifiés. Par ailleurs, elles ont été choisies en fonction de la distribution des déplacements relevés lors des enquêtes ; ainsi, elles conservent une densité de trajets conséquente et statistiquement satisfaisante (257 trajets à Lille ; 371 à Besançon). La figure 33 montre la distribution de niveaux de fréquentation pour les deux sélections. L'aire d'étude lilloise, composée de 248 tronçons, correspond pour partie au centre-ville historique alors qu'à Besançon (386 tronçons), les quartiers sélectionnés ne font que jouxter le centre.

[34] - D'autres algorithmes de plus courts chemins permettent de calculer directement ces chemins secondaires (algorithme de Stoch notamment), mais l'algorithme de Dijkstra a été choisi car il présente comparativement des avantages de simplicité et de rapidité indéniables.

[35] - La longueur stockée correspond à la longueur réelle de chaque trajet, les changements par impédance ne servant qu'à découvrir des plus courts chemins "alternatifs".

Figure 33 : Sélection des aires d'étude

3. Le recensement paysager

Selon notre hypothèse, l'hétérogénéité visuelle des rues agit sur les préférences des piétons et engendre des choix d'itinéraires spécifiques. En effet, la vision est l'élément le plus déterminant du mécanisme de perception-action en jeu dans l'appréhension de l'environnement urbain (Rieser, 1999). Les paysages sont donc forcément valorisés, positivement ou négativement car l'espace ne peut être appréhendé de manière indifférente. C'est cet environnement ainsi perçu qui agit sur les comportements. Or, pour reprendre l'expression de P. Norynberg (2001), les habitants sont des "*experts naturels*" de la ville. Les déplacements pédestres, pratiqués régulièrement, forgent une connaissance approfondie des espaces parcourus et les itinéraires sont, en partie, déterminés en fonction de cette expérience dûment acquise.

Les paysages combinent deux fonctions complémentaires essentielles dans le cadre des déplacements urbains. A. Moles et E. Rohmer (1982) les identifient clairement ; l'homme, dans son expérience de l'espace, passe alternativement d'une vision d'orientation ("*repérage*") à une vision du lieu ("*quantité*"). Et le piéton interagit en conséquence avec son environnement : soit il l'appréhende dans un but d'orientation et de positionnement dans l'espace, soit il s'implique davantage en le lisant et en lui prêtant plus d'attention d'un point de vue qualitatif (Kaplan, 1988). C'est pourquoi, en réponse à ces deux types de comportements,

l'environnement doit faciliter l'orientation, le déplacement, la réalisation des objectifs des individus tout en étant plaisant, notamment visuellement.

Pourtant, l'impact du paysage visible sur les piétons reste peu étudié et, plus généralement, les conditions dans lesquelles se déroulent les déplacements piétonniers sont partiellement identifiées (Julien et Carré, 2003). De nombreux travaux analysent les comportements pédestres en milieu urbain en tentant de mettre en évidence des liens éventuels avec la configuration spatiale du bâti. Mais souvent, cette structure urbaine se rapporte uniquement à l'utilisation fonctionnelle de l'espace[36]. D'autres recherches, si elles insistent sur la notion de confort lors des déplacements pédestres, utilisent des indicateurs essentiellement techniques (bruit, pollution, abris anti-pluie, possibilités de s'asseoir) (Sarkar, 2003). D'ailleurs, le mot *design*, fréquemment rencontré dans la littérature anglo-saxone sur la marche à pied, se réfère aux aménagements techniques consentis en faveur des piétons et fait allusion aux passages pour piétons, trottoirs, signaux pour traverser, éclairage… Il faut pourtant récuser l'idée selon laquelle les piétons ont des comportements similaires aux automobilistes (Mateo-Babiano, 2003). Quelques exceptions, qui vont dans ce sens, peuvent être mentionnées. Ainsi, Zachariadis (2005) caractérise l'espace et notamment le bâti de manière plus précise en relevant ses caractères physiques tels que la hauteur, l'emprise au sol, la façade, la profondeur et l'âge. D'autres études ont testé l'influence paysagère de la végétation sur la fréquence et la portée des déplacements (Shriver, 1997) ou sur les choix d'itinéraires dans des lieux spécifiques comme les jardins publics (Loiteron et Bishop, 2005) ou les zones touristiques (Gloor *et al.*, 2003). Par ailleurs, les travaux de Zacharias (1997, 2001, 2005) démontrent l'impact de nombreux stimuli visuels sur les choix d'itinéraires des piétons. Mais ils traitent davantage de comportements pédestres dans des espaces clos, peu étendus (Zacharias, 1997) et inconnus (Zacharias, 2005). Notre but étant de généraliser ces observations dans un environnement urbain vaste et familier, le recensement des paysages de nos zones d'étude constitue une étape primordiale vers une identification des processus d'appréhension de l'espace.

Notre approche essentiellement paysagère laissera donc de côté le rapport entre, d'une part les déplacements pédestres et, d'autre part l'usage fonctionnel de la ville et les aménagements techniques de la voirie. Ce lien, certes avéré, a été maintes fois étudié et "*l'analyse des vécus urbains nous permet de redécouvrir une urbanité qui n'est plus seulement fonctionnelle, mais à multiple facettes*" (Bailly, 1995).

3.1. Méthodologie d'enquête

La détection paysagère vu du dessus, un temps envisagée, a été rapidement abandonnée. Les images satellites ne rendaient en aucune manière compte des paysages urbains tels qu'ils sont appréhendés par les piétons. Le repérage sur le terrain, effectué par des enquêteurs, s'est imposé comme la seule solution possible malgré les problèmes de reproductibilité que cela suppose : elle était la seule permettant de restituer fidèlement la dimension visuelle des piétons.

[36] - Cf tous les travaux traitant d'*urban landscape*.

Cette méthode de reconnaissance paysagère *in situ* peut paraître discutable car nous aurions pu utiliser le support photographique, par nature plus objectif. Mais la technique se révèle excessivement gourmande en terme de temps dès lors que le nombre d'images à traiter devient important. L'échantillonnage des prises de vues en milieu urbain eût été également problématique car "*la photographie opère un contour*" qui occulte le tout environnant et est "*sujette à l'influence de déformations impliquées par les prises de vues*" (Gendrot, 2002). Cela rend éminemment subjectif toute tentative d'échantillonnage photographique en milieu urbain. En outre, bien que plus commode, la photographie se rapproche de la notion de site paysager ; nous avons préféré aborder le paysage sans discontinuité, par le biais d'une succession de scènes paysagères ininterrompues. Ce paysage en mouvement a donc été saisi à la manière du marcheur, en nous inspirant toutefois des méthodes de quantification paysagère basées sur les photos. Pour plus de précision, on consultera avec intérêt les travaux de certains chercheurs de l'école bisontine du paysage (par exemple Brossard et Wieber, 1980 ; Griselin et Nageleisen, 2003) pour l'analyse détaillée de clichés qu'ils mettent en œuvre : une partition régulière de l'image permet d'évaluer le poids de chaque élément paysager en fonction de la surface qu'il occupe sur l'image.

Notre méthode d'évaluation directe sur le terrain a déjà été utilisée (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). Dans notre cas, les classes paysagères ont été renseignées en fonction de leur prégnance, elle-même dépendante du temps de soumission et de la position des objets paysagers dans le champ visuel. Cette technique était évidemment soumise à la subjectivité des enquêteurs, le biais perceptif étant, faut-il le rappeler, inévitable quelles que soient les méthodes mises en œuvre pour recenser le paysage visible. Pour minimiser les différences de perception entre enquêteurs, seuls les éléments objectivement repérables ont été retenus. En outre, des séances communes ont été réalisées sur le terrain afin d'harmoniser les lectures du paysage avec deux maîtres mots : neutralité et objectivité.

3.1.1. Quel objet renseigne-t-on ?

Le tronçon est l'élément de base de notre recherche et donc de notre enquête. Il s'agit de la portion de rue située entre deux carrefours. Ce choix se justifie aisément : les carrefours sont les lieux où s'ancrent les choix des piétons. Une fois le choix d'itinéraire effectué, le tronçon est "consommé" dans son intégralité par le piéton ; celui-ci ne pourra prendre de nouvelle décision d'orientation avant la prochaine intersection. Cette posture méthodologique est également cautionnée par la nature des trajets dont nous disposons ; les itinéraires recueillis lors de l'enquête "marche à pied" sont des trajets routiniers. Effectués régulièrement, on peut supposer qu'ils sont parfaitement connus par les marcheurs. Chaque tronçon est donc emprunté en connaissance de cause ; il n'est pas choisi uniquement en fonction de ce qu'il laisse apparaître visuellement au carrefour mais pour sa valeur paysagère "intégrale".

3.1.2. Une approche paysagère spécifique

L'enquête paysagère présente une réelle particularité puisque nous n'avons pas uniquement cherché à qualifier les éléments paysagers présents sur chaque tronçon. Cette technique n'était pas satisfaisante car elle n'aurait pas respecté l'impératif que nous nous étions fixé : synthétiser au mieux la réalité visuelle des piétons. La détection des éléments paysagers a donc pris en

compte tout ce qui était visible lors du parcours de chaque tronçon, c'est-à-dire qu'elle a pu intégrer des éléments appartenant à d'autres tronçons. De cette façon, l'enquête porte sur le paysage visible (Brossard et Wieber, 1984), et non sur la simple localisation des éléments de paysage. A. Purcell et R. Lamb (1998) ont par exemple démontré l'intérêt d'une telle description pour l'étude des préférences relatives à la végétation en milieu naturel. Cette approche permet de reproduire très fidèlement ce que le piéton voit en se déplaçant. Plus concrètement, elle permet de répondre aux questions suivantes : quels sont les éléments paysagers qui s'offrent à la vue du piéton s'il choisit ce tronçon lors de son trajet ? Quelle est la prégnance de chaque élément paysager ? Comme le sens de parcours influence fortement ce que l'on voit, chaque tronçon s'est vu attribuer une double qualification paysagère (figure 34). Ce double recensement peut être rapproché du constat de R. Golledge (1999) selon lequel la distance entre A et B peut ne pas être perçue de la même manière que celle entre B et A. Si la distance cognitive joue ainsi des tours à la distance euclidienne, le paysage peut en partie en être considéré comme responsable.

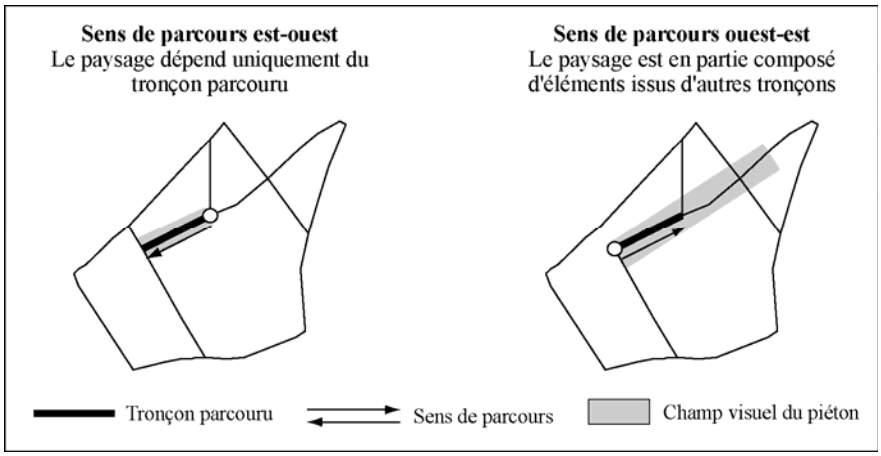


Figure 34 : Un tronçon viaire, deux compositions paysagères

Cette technique d'enquête n'était pas la plus facile à mettre en œuvre, ni d'un point de vue terrain (doublement du nombre d'observations), ni d'un point de vue technique (double codage dans le système d'information géographique), mais elle fournit une information plus réaliste.

3.1.3. Comment renseigner le paysage ?

Le savoir des experts de l'urbain que sont les architectes et les urbanistes est primordial et peut servir de base à la mise en place d'un recensement paysager. Par exemple, D. Mangin et P. Panerai (1999) citent des cas de contraintes architecturales comme la largeur de la rue, son emprise, la présence d'*obstacles visuels*, le contrôle de la distance entre clôtures et bâti, la définition des types de bâtiments, leur alignement et leur mitoyenneté. D'autres indicateurs permettant de caractériser les rues existent. Ils sont même assez nombreux et l'on se contentera de citer, ici, quelques exemples :

- le profil en travers, dépend du rapport entre la largeur de la rue et la hauteur des bâtiments adjacents. Ce rapport est déterminant dans l'impression générale que dégage une rue ;

- le rapport entre la largeur des trottoirs et celle de la chaussée ;
- le profil en long, plus général, qui regroupe la succession des hauteurs, des types façades, de proximités des bâtiments… ;
- la symétrie de la rue, essentiellement du point de vue du bâti ;
- la présence de "vides", de végétation, de mobilier urbain.

De tels indicateurs sont toutefois calculés de manière très ponctuelle pour des portions du territoire urbain qui nécessitent une attention particulière. En revanche, il n'y a jamais eu, à notre connaissance, de prospection purement paysagère s'attelant à décrire, de manière systématique, tous les éléments vus depuis les rues d'un espace donné. En outre, ces indicateurs sont très généraux dans le sens où ils décrivent davantage des formes (matériau, couleur, élévation, ouverture, fermeture) que des figures, qui sont les éléments concrets du paysage visible (Norberg-Schulz, 1997). Ce sont ces figures très précises que nous nous sommes attelé à décrire, considérant ainsi la complexité paysagère comme une juxtaposition de composants simples.

Un tel axiome fait référence aux travaux des psychologues qui ont démontré que l'ensemble des phénomènes perceptifs complexes peut être décomposé en entités plus simples. A une impression globale correspond ainsi une pluralité de sensations simples. Ces études, si elles ont traité les perceptions auditives, tactiles et gustatives, ont particulièrement porté sur le domaine visuel (Mariné et Escribe, 1998). De manière identique, le paysage peut donc être partiellement réduit aux objets paysagers qui le constituent. Ce présupposé est en partie discutable puisqu'un lieu n'est pas simplement réductible à une somme d'éléments singuliers. Mais il présente l'avantage de fournir un cadre simple d'observation et d'analyse permettant de démêler l'écheveau de la complexité paysagère ; cela facilite grandement le repérage sur le terrain. Nous postulons que deux paysages peuvent avant tout être différenciés en fonction des éléments paysagers qui les composent, même si l'impression d'ensemble n'en est pas totalement dépendante. C'est donc à partir d'un ensemble de classes prédéterminées que les paysages seront appréhendés.

3.2. Composition de la grille de recensement

En fonction de leur connaissance du territoire et de leurs caractéristiques propres, les piétons considèrent l'espace de diverses manières, de la plus sommaire à la plus détaillée (Caron et Roche, 2001). Ainsi, la composition paysagère prise en compte peut varier très fortement selon les individus, oscillant de quelques éléments isolés à des tableaux complexes et très précis (Lynch, 1969). Lors de notre enquête, nous avons tenté de balayer le champ des possibles partant du principe que tous les éléments sont susceptibles de recouvrir un intérêt particulier pour les piétons. L'objectif de notre enquête terrain était donc de caractériser finement les paysages urbains de chaque tronçon à partir d'une grille de recueil prédéfinie (tableau 7). Cette grille simplifie évidemment la réalité mais elle présente l'avantage de faciliter le relevé terrain. Pour la dresser, nous nous sommes basé sur la description morphologique de la ville, constituée du site, du plan, du parcellaire, du bâti et de l'usage du sol (Allain, 2004). Le site se compose de la topographie et de l'hydrographie. Le plan détermine notamment la trame viaire

de la ville. Le parcellaire correspond au découpage du sol urbain. Le bâti et son pendant, les vides, fixent le tissu urbain[37]. L'usage est aussi considéré comme morphologique car il détermine en partie les formes urbaines, via le bâti notamment. Tous ces éléments forment la trame de fond de l'urbain ; ils sont les constituants essentiels du paysage.

Trois niveaux de précision ont été retenus. Le premier permet de distinguer les grandes catégories qui composent les paysages. Il comporte le *bâti*, la *végétation*, les *clôtures*, les *espaces vides* et les éléments visibles en *arrière-plan*. A cela nous avons ajouté des données qui concernent la largeur des tronçons et le partage de la voirie. Le second niveau, plus précis, est une décomposition du premier en classes. Ainsi, la *végétation* par exemple englobe les classes *parcs*, *arbres*, *arbustes*, *haies* et *fleurs*. Le dernier niveau s'applique uniquement au *bâti* en le différenciant selon ses fonctions.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Bâti	Maisons individuelles Niveau intermédiaire Grands immeubles	Résidentiel Commercial Industriel Public Monument
Obstacles visuels	Murs Haies végétales Portails	
Végétation	Pelouses Fleurs Arbustes Arbres Parcs	
Espaces vides	Places Parkings Cours d'eau Terrain industriel Terrain de sport Chemin de fer Chantier Carrefour routier	
Arrière-plan (uniquement à Besançon)	Relief Citadelle	
Nombre de voies Largeur des trottoirs Nombre de files de stationnement		

Tableau 7 : La grille de recensement paysager

Les préceptes de notre enquête sont les suivants :

- seul le repérage des éléments paysagers concrets a été intégré dans la grille, facilitant ainsi la détection paysagère *in situ* ;

[37] - L'usage des pleins et des vides est très répandu en architecture.

- tous les champs retenus pour l'enquête sont exclusifs : aucun élément paysager repéré sur le terrain ne peut être comptabilisé dans deux champs à la fois ;

- les estimations du poids visuel de chaque catégorie de figures sont codées sous la forme de pourcentages. Cette méthode permet de limiter le caractère "intuitif" de l'évaluation.

Décrivons quelque peu cette classification.

Item *bâti*

Le *bâti* peut être classé en fonction de trois types simples de construit : les *maisons individuelles*, les petits immeubles que nous nommerons *niveau intermédiaire* et les grands *immeubles*. La distinction dépend principalement de la taille des constructions car nous supposerons que le bâti détermine les "pleins" de la ville chers aux architectes et que ces "pleins" se différencient essentiellement par leurs volumes. Certains travaux, d'inspiration morphologique, ont déjà démontré l'incidence de la taille du bâti en relation avec la largeur de la rue sur les choix d'itinéraires (Mburu, 2000). Par ailleurs, A. Moles et E. Rohmer (1982) distinguent les rues en fonction notamment de leur "ouverture" : la rue ouverte sur le ciel est de type village, la rue corridor a une largeur équivalente à la hauteur de son bâti et la rue canyon est entourée d'immeubles élevés. Dans notre enquête, les bâtiments sont également différenciés selon leurs fonctions. On peut en effet supposer que des immeubles à vocation résidentielle, commerciale ou publique n'auront pas le même impact sur les choix piétonniers. Cette distinction fonctionnelle des formes visibles servira à différencier les ambiances urbaines. Notons qu'un fort impact paysager commercial peut être le fait d'un seul commerce, de type immeuble par exemple. Le poids de cet immeuble sera alors équivalent à celui de plusieurs commerces situés en rez-de-chaussée. Quant aux monuments, ils semblent très intéressants dans le sens où ce sont des "*accidents de l'espace*" qui aident les piétons à se repérer (Golledge, 1999). Ce sont des points de repères très signifiants pour les individus en mouvement et ils détiennent un rôle important dans les choix d'orientation (Lynch, 1969).

Item *obstacles visuels*

Les *obstacles visuels* contribuent, avec le *bâti* principalement, à borner les perspectives visuelles. De plus, ils permettent souvent de définir la limite entre espace public et privé. Ils ont été caractérisés selon trois grandes catégories. Il faut noter que les *haies* sont un élément particulier de *clôtures* et ne sont pas recensées dans l'item *végétation*.

Item *végétation*

La *végétation* est discrétisée en cinq champs. Le *parc* est un élément particulier et complexe qui regroupe plusieurs types de végétation possibles. Selon le principe d'exclusivité de notre enquête, les éléments de végétation inclus dans les *parcs* ne sont pas renseignés dans leurs champs respectifs. Par ailleurs, le *parc* aurait tout à fait pu intégrer la catégorie *espaces vides*, dans laquelle il figure habituellement au dire des architectes et des urbanistes. Naturellement, il faut voir dans ce choix notre volonté de privilégier le regroupement selon des critères paysagers et non fonctionnels.

Item *espaces vides*

Les *espaces vides*[38] sont des éléments essentiels des villes. Comme cela a déjà été dit, ils valent tout d'abord par le jeu des pleins et des vides qu'ils entretiennent avec les surfaces construites. Mais leur dimension symbolique, certes variable suivant l'usage, revêt aussi un intérêt tout particulier. La *place*, de par sa rareté, joue un rôle structurant dans l'espace urbain ; elle est socialement identifiée (Mangin et Panerai, 1999) comme un lieu de coprésence et aide aussi au repérage en tant que nœud matérialisé du réseau viaire (Lynch, 1969). La plupart du temps, les *places* sont volontairement maintenues à l'écart des opérations immobilières et leur pérennité n'est pas menacée. Mais ont-elles pour autant un rôle dans la détermination des itinéraires en marche à pied ? Au total, cinq sous-catégories d'*espaces vides* ont été retenues.

Item *arrière-plan*

Les éléments visibles en arrière-plan, exclusivement associés au *relief*, n'ont de pertinence que pour le site de Besançon, entouré de collines et dont l'une d'entre elles accueille une *citadelle*. Construite par Vauban, elle est l'un des emblèmes de la ville. Elle figure dans la classification car elle est visible de très loin et dans de nombreuses rues bisontines. Avec le *relief*, elle peut être considérée comme un agrément visuel et/ou comme un élément aidant à l'orientation.

Il faut noter au sujet de ces items que les informations paysagères sont disponibles pour tous les niveaux hiérarchiques ce qui permettra d'appréhender les paysages des tronçons quel que soit le degré de précision choisi.

Caractérisation technique du tronçon

Ces informations semblent plus fonctionnelles que paysagères car elles se rapportent à la voirie. Mais elles donnent une bonne indication quant au partage du corridor routier entre véhicules motorisés et piétons, indépendamment du volume de flux motorisés. Elles apportent donc un élément d'information supplémentaire lié à des sensations visuelles. La *largeur des trottoirs* est l'un des paramètres les plus étudiés dans les recherches sur les déplacements pédestres (Rodriguez et Joo, 2004 ; Desyllas et Duxbury, 2000 ; Cervero et Kockelman, 1997). C'est aussi l'un des soucis majeurs des aménageurs qui spécifient souvent une largeur minimale en escomptant un impact positif sur la marche à pied. Ainsi, la *largeur des trottoirs* est souvent considérée comme un "aménagement" permettant de remédier au sentiment d'insécurité des piétons en leur ménageant davantage de place et en rééquilibrant le partage de la voirie. La détermination du *nombre de voies* est aussi une technique courante d'intervention ; en général, il est spécifié que ce nombre ne doit pas excéder les besoins en matière de circulation afin de faciliter les traversées des piétons. La question des véhicules en *stationnement* est plus complexe. Nuisent-ils à la perception visuelle ou agissent-ils comme un écran de protection contre la circulation (Mangin et Panerai, 1999) ? D'un côté ils assoient la place visuelle de l'automobile dans la rue alors que de l'autre ils participent au ralentissement de la circulation en rétrécissant la chaussée.

L'approche paysagère proposée est donc spécifique car la nature de l'information recensée et son mode de recueil ne sont pas usuels. Mais ils permettent de disposer d'une information très riche, disponible pour chaque tronçon et que l'on pourra aisément croiser avec nos données sur

[38] - D'un point de vue visuel et non fonctionnel.

la mobilité pédestre. Pour la suite de nos travaux, on considérera donc, par commodité, que les résultats de l'enquête correspondent au paysage visible. C'est ce paysage "objectif" que nous confronterons au paysage subjectif de chaque citadin, c'est-à-dire à leurs préférences révélées par les choix d'itinéraires.

3.3. Premières observations paysagères

Les premiers résultats peuvent être visualisés sous formes de cartes, pour chaque élément paysager. La figure 35 présente les valeurs paysagères pour trois classes à Besançon. Conformément à la méthode d'enquête, les zones d'étude sont dédoublées pour faire apparaître la qualification paysagère dans les deux sens de parcours. Il faut lire les cartes de gauche pour connaître les valeurs des tronçons lorsqu'ils sont parcourus d'ouest en est par les piétons et les cartes de droite pour le sens inverse. Nous utiliserons toujours ce mode de représentation par la suite.

On voit par exemple que la classe *arrière-plan*, qui recense le *relief* et la *Citadelle* donne lieu à une représentation spécifique. Ces éléments sont, en effet, exclusivement localisés au sud de la ville et cela peut aisément se lire sur les cartes. Quel que soit le sens de parcours, ce sont plutôt des tronçons orientés nord-sud qui ressortent.

Au-delà du figuratif, les résultats présentés dans la figure 36 confirment l'hypothèse selon laquelle les paysages sont dissemblables entre les deux zones d'étude. Le *bâti* est nettement plus prégnant à Lille qu'à Besançon, principalement aux dépens de la *végétation* et des *obstacles visuels*. A Lille, il s'agit, comme on pouvait s'y attendre, de paysages de types centre-ville, moins variés, dans lesquels les *espaces vides* sont toutefois aussi présents qu'à Besançon. Le deuxième niveau d'analyse étaye l'impression de "simplicité" des paysages lillois. Le *niveau intermédiaire* de bâti prédomine, la classe *maisons individuelles* n'ayant même jamais été renseignée lors de l'enquête. Concernant la végétation, l'item *arbres* est le seul réellement significatif alors qu'à Besançon, il existe une diversité un peu plus marquée. Au sujet des *espaces vides*, seules les *places* marquent une distinction plus forte à Lille qu'à Besançon. Le troisième niveau, qui détaille les caractéristiques du *bâti*, révèle les fonctions plus *commerciales* du *niveau intermédiaire* lillois.

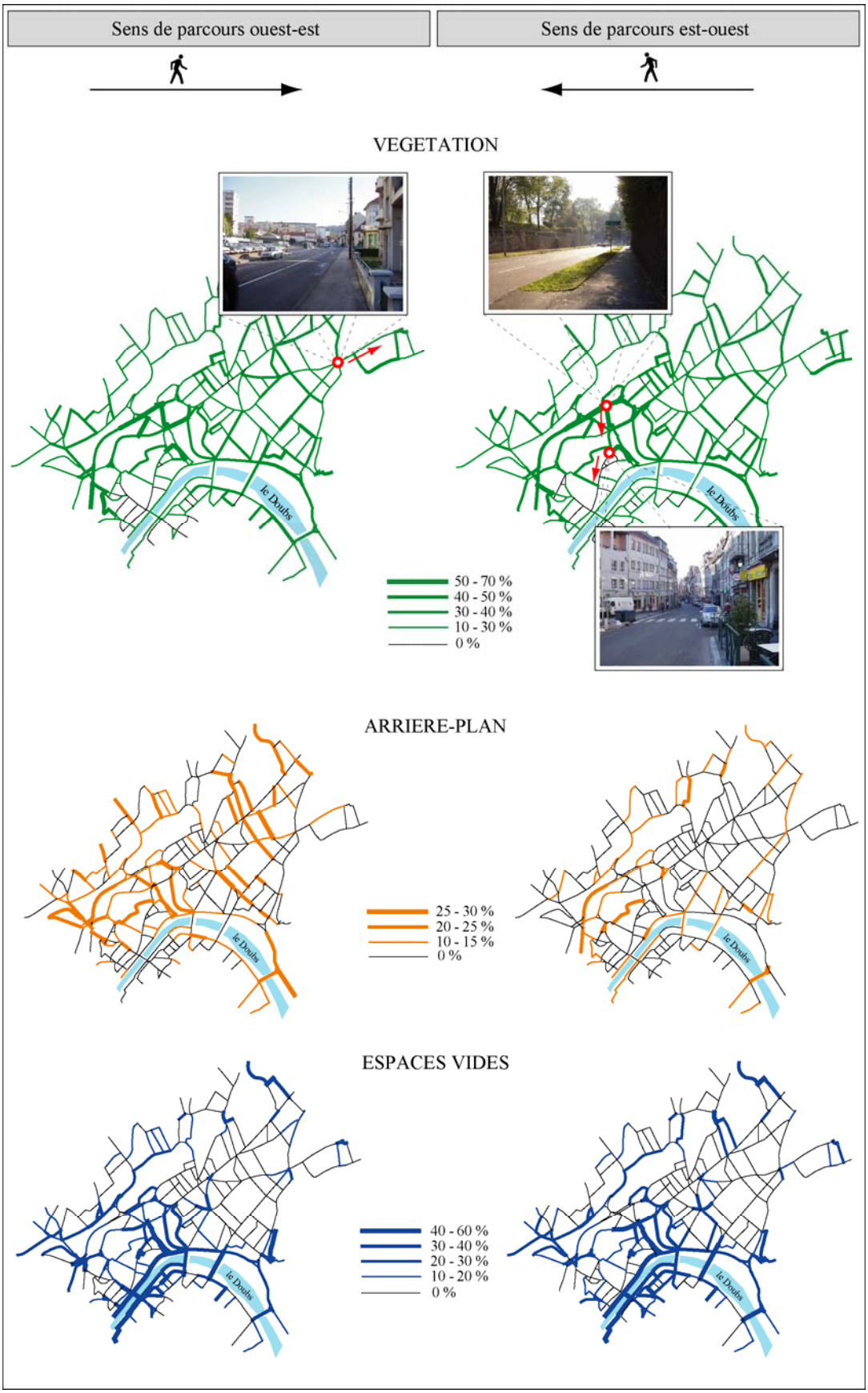


Figure 35 : Premiers résultats paysagers à Besançon

Il faut également préciser que de nombreuses classes n'ont pas été représentées sur cette figure, soit parce qu'elles sont très faibles dans les deux villes, soit parce qu'elles n'atteignent une réelle valeur qu'à Besançon ; c'est le cas par exemple des *maisons individuelles* et de leur caractérisation dans le troisième niveau d'analyse paysagère. Cette remarque s'ajoute aux observations formulées plus haut et prouve que les paysages lillois sont moins variés que ceux de Besançon, du point de vue de la grille de lecture adoptée. Il ne s'agit pourtant pas d'un inconvénient puisque cela permettra justement d'analyser les comportements piétonniers dans le cadre de deux zones fondamentalement différentes. L'une propose un ensemble de paysages relativement monotones, dans lesquels les différences sont moins marquées. L'autre dispose d'une gamme paysagère plus large et couvrant la quasi-totalité de la grille d'enquête. On peut d'ores et déjà pressentir que les choix des piétons ne seront pas les mêmes et qu'ils n'auront pas la même signification à Besançon et à Lille.

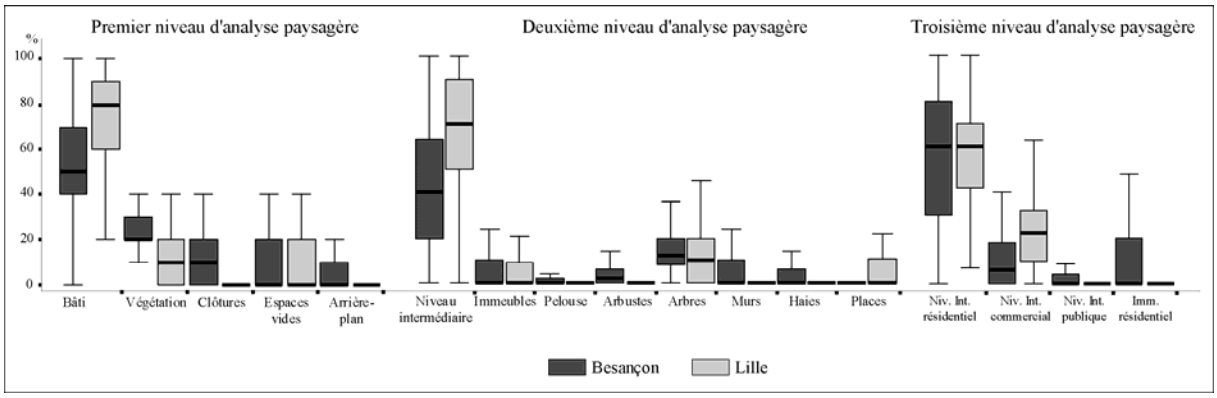


Figure 36 : Besançon et Lille, deux environnements paysagers différents

3.3.1. Description synthétique

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de synthétiser l'ensemble de l'information que nous avons recueillie (figure 37). Le premier axe, qui résume 17,5 % de la variance, isole le *niveau intermédiaire* bâti de toutes les autres classes, spécialement les *immeubles* et les *parcs*. Les tronçons fortement marqués par ce type de bâti se localisent préférentiellement dans le vieux Lille (nord-est) et à l'ouest de la zone, le long des grands boulevards. A Besançon, on retrouve cette même opposition entre niveau intermédiaire et toutes les autres classes ; par ailleurs, la disposition des tronçons selon ce premier axe est plus nette puisqu'elle dessine un gradient centre-périphérie. Le deuxième axe de l'ACP effectuée à Lille est plus confus et ne résume de toute façon que 9,4 % de l'information, ce qui est un score très faible. Il oppose les *places*, le *bâti* non résidentiel et la plupart des classes de *végétation* au *bâti résidentiel* et aux *parcs*. Très présents et répartis de manière homogène, les commerces sont peu discriminants.

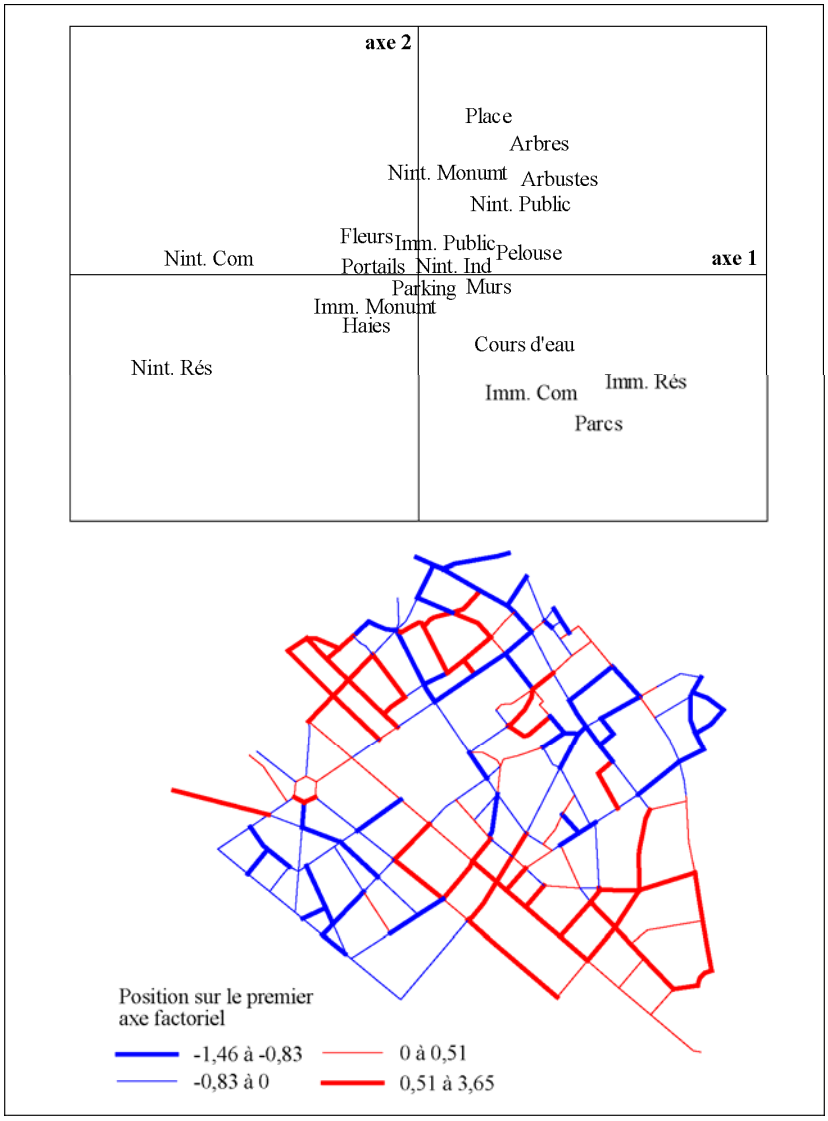


Figure 37 : Analyse en composantes principales à Lille

Toutefois, si cette méthode synthétique peut être utile pour la phase descriptive, nous travaillerons par la suite à partir de l'information précise dont nous disposons.

3.3.2. Une topologie déterminante

Avant de détailler quelque peu les autres résultats obtenus à partir du recensement paysager, nous formulons ici une remarque générale, purement empirique, issue de nos observations sur le terrain. Notre méthode, et plus généralement les paysages urbains, sont très dépendants de la forme des tronçons et de leur insertion dans la trame viaire. En effet, comme les paysages affectés à chaque tronçon sont issus d'éléments pouvant, en partie, provenir d'autres tronçons, il est nécessaire d'exposer ici les configurations topologiques qui interfèrent dans le processus de composition paysagère (figure 38). Ces configurations déterminent le poids du paysage du tronçon par rapport à tout ce que l'on voit en le parcourant et fixent également le rôle que le tronçon peut jouer dans le relevé paysager de ceux qui lui sont connectés. Elles peuvent être décomposées en deux catégories :

- les paramètres intrinsèques propres au tronçon comme la taille et la forme ; un tronçon de petite taille sera, par exemple, davantage dépendant des éléments paysagers présents sur d'autres tronçons ;
- les paramètres de voisinage, dépendants des connexions entre tronçons, et qui interagissent pour déterminer les potentialités visuelles de chaque tronçon.

Afin de matérialiser concrètement ces notions, observons l'exemple proposé. On remarque que **P1**, **P2** et **P3** sont des perspectives visuelles et donc paysagères. Les tronçons qui les composent ont probablement des points communs d'un point de vue paysager car chaque tronçon appartenant à l'une ou l'autre de ces perspectives partage en définitive ses attributs paysagers avec les autres tronçons. Concrètement, on admettra que parcourir une perspective engendre une "accoutumance" progressive, un "lissage" paysager pour le piéton.

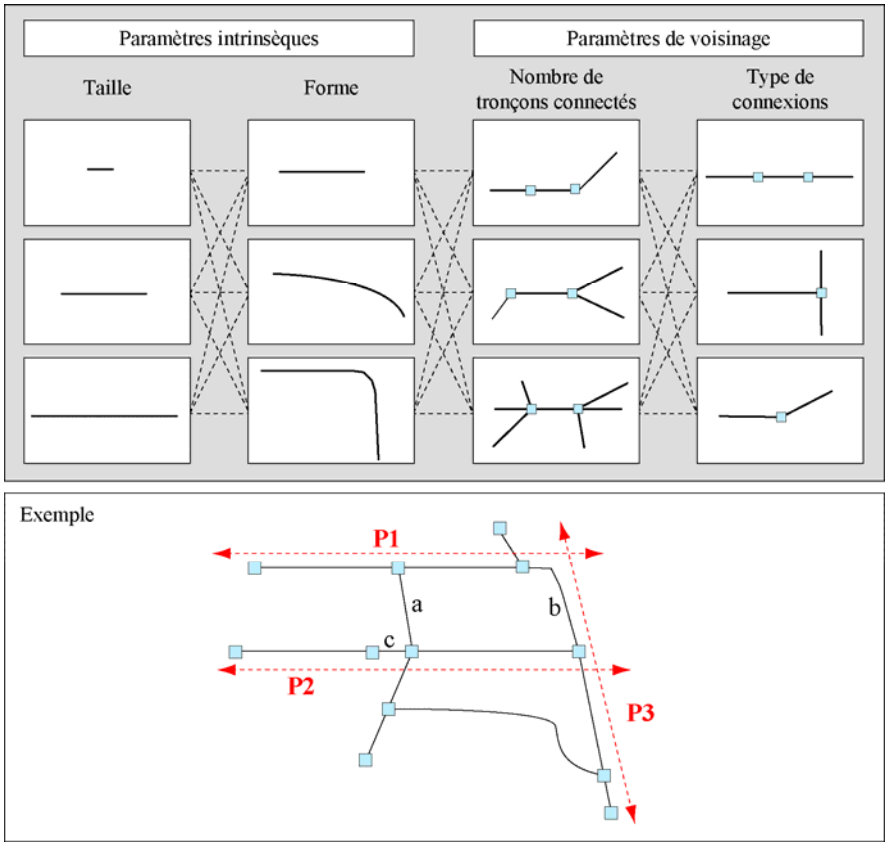


Figure 38 : Diversité topologique et influence paysagère

Considérons maintenant quelques cas particuliers. Avec le tronçon **c**, la situation décrite précédemment est amplifiée. Sa taille réduite lui confère une forte dépendance aux paysages des tronçons qui lui sont connectés et qui participent à la même perspective. Par ailleurs, il participe peu à la composition paysagère de P2. Le tronçon **a** est, quant à lui, peu "inséré". Son paysage peut différer ostensiblement des paysages des tronçons qui lui sont proches car c'est un tronçon peu vu et ne donnant quasiment pas accès visuellement aux autres tronçons. Pour finir, le tronçon **b** peut être vu comme un "liant" entre deux perspectives ; il faut néanmoins noter qu'il participe davantage à la perspective P3 qu'à la perspective P1. Il est également doté

d'une hétérogénéité paysagère qui est fonction du sens de parcours. Dans le sens sud-nord, il est peu dépendant des autres tronçons, ce qui est beaucoup moins vrai dans le sens nord-sud puisqu'il s'insère dans la perspective P3.

Pour résumer simplement, chaque tronçon peut donc être caractérisé par :

- deux qualifications paysagères (pour les deux sens de parcours) dont l'hétérogénéité, d'un sens à l'autre, est très variable ;
- le niveau d'implication des objets paysagers des autres tronçons dans l'élaboration de son paysage ;
- la part que ses objets paysagers représentent dans la détermination des paysages des autres tronçons ;
- sa ressemblance paysagère avec les tronçons qui lui sont connectés.

En somme, la contiguïté engendrera souvent une ressemblance paysagère. Mais cette contiguïté peut être définie selon de nombreuses règles toutes dépendantes de la proximité visuelle. Nous verrons par la suite qu'un tel argument a été affirmé avec force dans la théorie de la syntaxe spatiale.

Dans l'optique de détecter ces ressemblances entre tronçons, on peut utiliser l'autocorrélation spatiale comme un descripteur des configurations paysagères de nos zones d'études. L'indice généralisé de Moran (Zaninetti, 2005) a ainsi été calculé pour chaque classe paysagère. Il prend la valeur suivante :

$$Moran = \frac{n}{m} \frac{\sum_i \sum_j c_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \text{ avec } \begin{cases} c_{ij} = 1 \; si \; i \; et \; j \; sont \; contigus \\ c_{ij} = 0 \; sinon \end{cases}$$

i étant le tronçon étudié, *j* tous les tronçons contigus au tronçon *i* et *x* les valeurs des variables paysagères. *n* est le nombre total de tronçons des zones respectives et *m* le nombre de contiguïtés retenues.

Compris entre -1 (forte autocorrélation négative) et 1 (forte autocorrélation positive), le 0 définissant une structure aléatoire, il permet d'observer le comportement global des variables, pour chaque niveau, à Lille et à Besançon. Deux calculs ont été réalisés, basés sur des définitions différentes de la contiguïté (cf. schémas de la figure 39). La première, classique, prend en compte toutes les connexions entre tronçons, quel que soit le sens considéré. La seconde, que l'on qualifiera de fonctionnelle, ne retient que les connexions qui se font dans la continuité et relient les tronçons comme le ferait un piéton. Cette distinction nous semblait fondamentale dans l'optique de nos travaux. Pourtant, si l'on peut noter que les classes se comportent souvent différemment d'une ville à l'autre, les résultats du calcul basé sur des contiguïtés fonctionnelles ne sont pas significativement meilleurs que ceux du calcul classique : les tronçons abordés dans la continuité, à la manière d'un trajet, ne récoltent des indices que très légèrement supérieurs.

	Lille		Besançon	
Classes paysagères	**Toutes contiguïtés**	**Contiguïtés fonctionnelles**	**Toutes contiguïtés**	**Contiguïtés fonctionnelles**
Niveau 1				
Bâti	0,42	0,42	0,62	0,64
Végétation	0,52	0,54	0,34	0,37
Obstacles visuels	0,23	0,24	0,43	0,44
Espaces vides	0,40	0,40	0,45	0,48
Arrière-plan	-	-	0,13	0,15
Niveau 2				
Maisons Ind.	-	-	0,46	0,49
Niv. Int.	0,46	0,46	0,63	0,65
Imm.	0,53	0,56	0,44	0,46
Pelouse	0,12	0,11	0,38	0,40
Arbustes	0,39	0,41	0,22	0,25
Arbres	0,49	0,51	0,40	0,42
Fleurs	0,32	0,34	0,17	0,19
Parcs	0,67	0,68	0,46	0,48
Murs	0,24	0,25	0,39	0,42
Haies	0,17	0,19	0,36	0,38
Portails	0,19	0,23	0,12	0,14
Cours d'eau	0,30	0,28	0,57	0,60
Place	0,45	0,45	0,44	0,45
Parking	0,46	0,47	0,43	0,46
Ch de Fer	-	-	0,36	0,38
Sport	-	-	0,26	0,29
Chantier	-	-	0,31	0,35
carrefour	-	-	0,19	0,21
Relief	-	-	0,10	0,14
Citadelle	-	-	0,10	0,10
Nbre voies	0,50	0,53	0,35	0,38
Largeur	0,60	0,62	0,27	0,30
Stationnement	0,49	0,51	0,24	0,28
Niveau 3				
Mais. Ind. Résidentiel	-	-	0,46	0,48
Mais. Ind. Commercial	-	-	0,23	0,20
Niv. Int. Résidentiel	0,50	0,51	0,62	0,64
Niv. Int. Commercial	0,54	0,55	0,54	0,56
Niv. Int. Industriel	0,22	0,25	0,33	0,36
Niv. Int. Public	0,28	0,31	0,41	0,43
Niv. Int. Monuments	0,25	0,28	0,19	0,21
Imm. Résidentiel	0,57	0,59	0,46	0,48
Imm. Commercial	0,46	0,50	0,35	0,37
Imm. Industriel	-	-	0,34	0,38
Imm. Public	0,05	0,10	-	-
Imm. Monuments	0,43	0,45	0,26	0,25

Tableau 8 : Indice d'autocorrélation spatiale de Moran

Une dernière façon d'analyser ces premiers résultats réside dans l'utilisation de l'indice local d'association spatiale (LISA) défini par L. Anselin (1995) comme suit :

$$I_l = \frac{\sum_j c_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

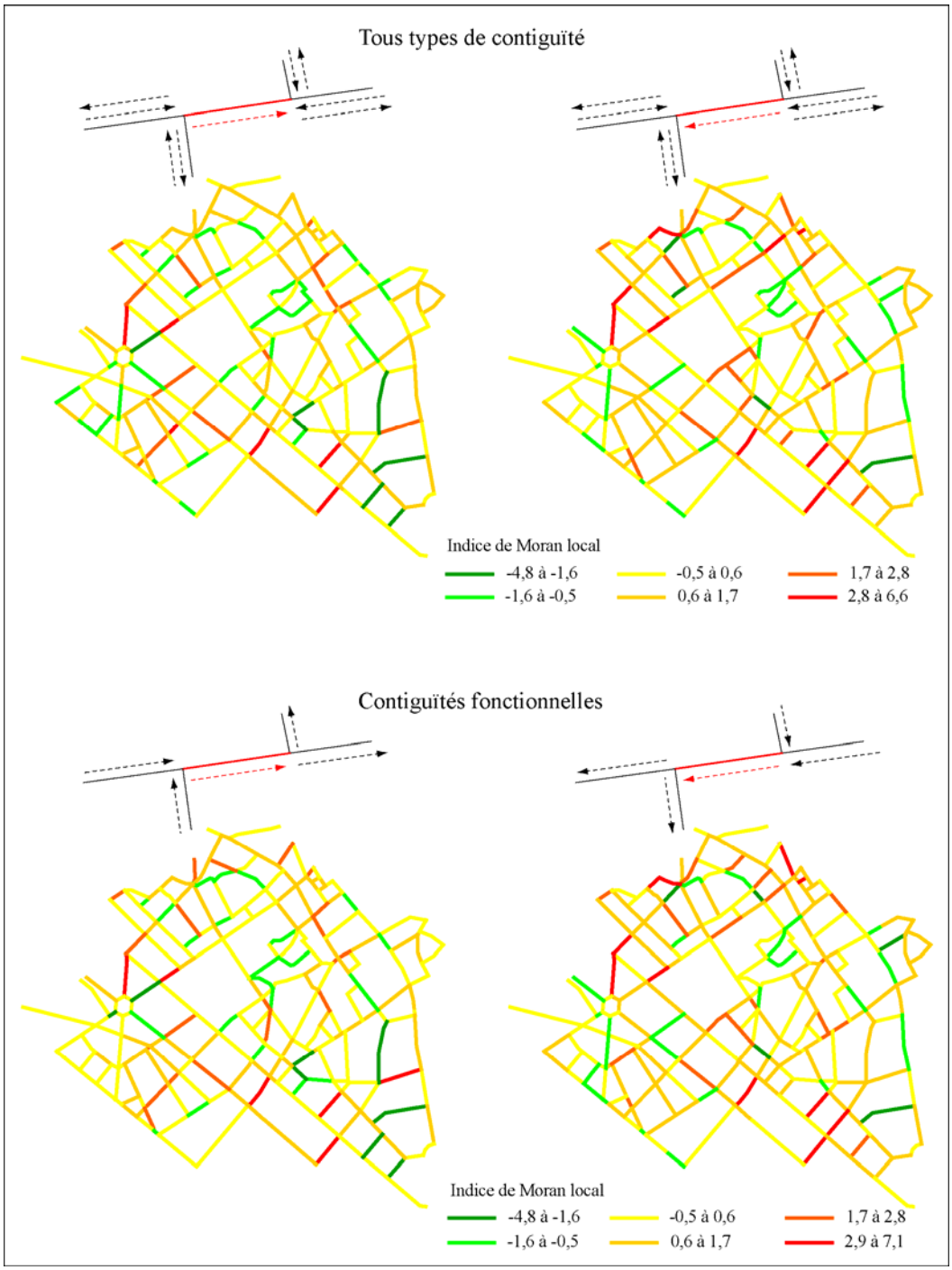


Figure 39 : Indice local d'association spatiale pour la classe végétation

Cet indice est en fait un indice local de Moran dans le sens où il permet de calculer si la valeur de chaque objet, un tronçon ici, ressemble ou non à ceux qui lui sont connectés. Pour notre part, nous utiliserons à nouveau la double définition de la contiguïté présentée plus haut. Bien sûr, les calculs ont été effectués pour toutes les classes paysagères mais il aurait été fastidieux de les présenter ici. C'est pourquoi nous nous sommes contenté de figurer, en guise d'exemple, les résultats pour la classe *végétation* du niveau 1 (figure 39). A la différence du Moran généralisé, l'indice local n'est pas borné, ce qui peut compliquer le travail d'interprétation. Mais son utilité dans la mise en évidence des relations spatiales est évidente. La façon de prendre en compte la contiguïté change davantage les résultats, même si cela n'apparaît pas forcément sur la figure, du fait de la représentation par classes. Et, plus généralement, on voit apparaître, au sein de la zone étudiée, des différences marquées entre les tronçons.

3.3.3. La diversité paysagère

Sans pour l'instant chercher à vérifier l'hypothèse de J. P. Paulet (2002) selon laquelle plus un environnement émet de signaux, plus l'indifférence des individus à ces signaux augmente et inversement, nous proposons de calculer l'indice standardisé de diversité de Shannon, facilement interprétable puisque compris entre 0 (faible diversité) et 1 (forte diversité). Ce calcul, qui se base simplement sur la fréquence d'apparition des classes paysagères recensées a pour formule :

$$I_s = \frac{-\sum_{i=1}^{n} P_i \ln(P_i)}{\ln(n)}$$

avec n le nombre de variables paysagères et P_i la proportion du paysage que représente la classe i. Cet indice permet de faire un premier constat : de grandes différences existent entre les tronçons et ces disparités ne s'agencent pas de manière totalement aléatoires.

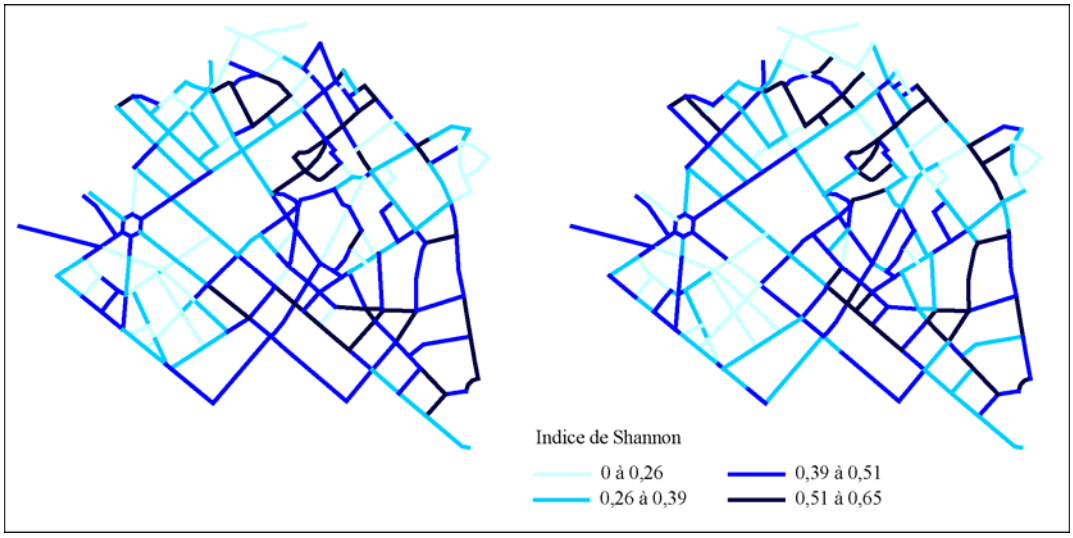


Figure 40 : L'indice de diversité de Shannon pour les niveaux paysagers 2 et 3 (Lille)

La figure 40 démontre que certains espaces de la zone lilloise[39] sont moins "riches" que d'autres d'un point de vue paysager. En outre, même si le cas de figure est rare, on peut remarquer qu'un même tronçon peut être caractérisé par des indices forts différents suivant le sens de parcours.

Conclusion

Il convient aujourd'hui de pénétrer au cœur des questionnements et des choix individuels afin de cerner les comportements de ceux qui utilisent encore la marche à pied comme mode de locomotion. Les bases de données "marche à pied" et "paysages" que nous nous sommes attachés à décrire ont été constituées dans ce but. Déjà, elles ont permis de faire émerger des ébauches de résultats. Mais nos travaux ne prendront un sens qu'avec la mise en œuvre de méthodes spécifiques que nous présenterons dans les chapitres suivants. Car si la plupart des recherches traitant des transports recourent à un mode de recueil des données de type désagrégé, elles effectuent ensuite les traitements presqu'exclusivement de manière agrégée (Handy, 1996). Or, ces analyses ne permettent pas d'explorer convenablement les "facteurs urbains" influençant les décisions individuelles.

[39] - C'est également vrai pour Besançon.

Chapitre 2

Modéliser et caractériser les réseaux

Si le plan d'une ville se confond avec celui de son réseau viaire, c'est que le réseau est l'élément central de la ville, celui qui la structure et qui détermine l'accessibilité aux lieux. Il en est l'élément le plus stable et sa pérennité est plus forte encore que celle du bâti. Or, le réseau n'est pas un support neutre. C'est un fournisseur d'accessibilité, un générateur de potentialités mais il agit également de manière restrictive et contraignante. Cette affirmation est l'évidence même mais elle mérite d'être réaffirmée avec force dans le cadre de la marche à pied. En effet, ce sont les piétons qui, en ville, sont les plus sensibles à ces spécificités car ils sont ceux qui s'en affranchissent le moins facilement. Et ils pâtissent encore du fait que le réseau n'a longtemps été qu'un instrument devant satisfaire aux principes d'ubiquité et d'instantanéité pour la seule automobile (Dupuy, 1991). Deux grands courants d'analyse de la trame viaire seront présentés ici : (i) la théorie des graphes en tant que méthode classique et largement utilisée dans les applications courantes ; (ii) la syntaxe spatiale car elle propose une grille de lecture renouvelée de la forme des réseaux qui semble particulièrement adaptée à la mobilité pédestre.

1. Quelques considérations générales sur les réseaux

La structure physique des réseaux est le résultat d'une histoire plus ou moins longue et dont la lecture et l'évaluation n'est pas aisée. Intuitivement, on pourra dessiner les grandes lignes de la forme des réseaux des villes en fonction de leur plan et de leur tracé. En ce qui concerne les plans, on peut ainsi distinguer (i) les **plans quadrillés**, de forme orthogonale, fréquemment associés aux villes américaines mais dont l'origine est beaucoup plus ancienne puisque les grecs et les romains les utilisaient déjà. C'est pourquoi on trouvera localement ce type de plan

dans les villes européennes, notamment dans les centres historiques ; (ii) les **plans circulaires** qui trouvent leur origine à l'époque médiévale essentiellement ; (iii) les **plans linéaires** développés le long des axes de transport. La plupart des villes combinent ces trois principaux types de plan. De la même façon, les tracés seront classés en sous-groupes. Tracés **organiques anciens** (c'est-à-dire convergents), tracés **juxtaposés récents** (des ZAC, des lotissements), tracés de **liaison** (entre deux autres axes), tracés **surimposés** (liés à des opération urbanistiques d'envergure) témoignent des différentes conceptions de la ville qui se sont succédées dans le temps.

Les effets de coupure doivent aussi être pris en considération au moment d'évaluer les réseaux urbains. La densité du réseau est, par exemple, indissociable de la taille des parcelles. Lorsque celles-ci sont grandes et donc que la densité du réseau est faible, cela occasionne des détours et complique les déplacements. Comme la taille des parcelles va généralement croissante à mesure que l'on s'éloigne du centre-ville, on notera, une fois encore, que la ville plus récente s'est façonnée par et pour l'automobile : les quartiers récents ne favorisent pas les modes de déplacement lents pour lesquels l'accessibilité est une ressource primordiale. Evidemment, on nuancera cette affirmation dans la pratique. Si le maillage devient de plus en plus lâche à mesure que l'on s'éloigne du centre ville, on notera que certains quartiers périphériques sont mieux lotis que d'autres, ce qui peut en partie s'expliquer par l'extension progressive des villes et l'absorption d'anciens noyaux d'habitat dans le périurbain. Mais les effets de coupure peuvent également être liés à la présence d'obstacles tels que les rivières, les lignes de chemin de fer, les boulevards urbains avec peu de passages pour piétons, les vastes parcelles spécifiques comme les terrains militaires, les zones d'activité… Tous ces obstacles engendrent un allongement substantiel du déplacement à pied dont les conséquences ne peuvent être négligées. F. Héran (2000) a ainsi recensé les méthodologies permettant d'évaluer les pertes de temps des piétons en fonction des différents types de coupure. D'un point de vue plus général, A. Allan (2001) évalue les effets de coupure du réseau en fonction de différents types d'aménités urbaines. Pour cela, il utilise un indice simple (WPTI : Walking Permeability Time Index) qui divise, entre deux points, le temps de déplacement théorique qui ne tient pas compte des problèmes de traversée aux intersections par le temps de déplacement réel qui inclut les détours occasionnés par les passages pour piétons et les temps d'attente avant les traversées.

Les accessibilités théoriques sont évidemment très dépendantes de la forme des plans, des tracés et des effets de coupure. Or, ces différences d'accessibilité se répercutent d'autant plus que les capacités de déplacement sont restreintes. Le piéton est ainsi l'individu urbain le plus sensible aux pertes d'accessibilité liées aux réseaux modernes. Mais ces considérations générales ne sont pas suffisamment discriminantes lorsqu'il s'agit d'évaluer l'efficacité des réseaux. C'est dans cette optique que la théorie des graphes doit être utilisée.

2. La théorie des graphes

Depuis les travaux fondateurs de P. Haggett[40] à la fin des années 50, un vaste pan de la littérature et des recherches sur les transports et leurs réseaux s'est développé autour de la théorie des graphes (Béguin et Thomas, 1997). Cette méthode d'analyse fournit de nombreuses techniques de calcul d'indices permettant de caractériser quantitativement et qualitativement la structure des réseaux étudiés. En général, l'évaluation se fait en référence à "*un idéal d'ubiquité, d'instantanéité et d'immédiateté*" (Dupuy, 1991 ; Genre-Grandpierre, 2000).

2.1. Une modélisation préalable essentielle mais restrictive

Les algorithmes de la théorie des graphes fonctionnent à partir d'un réseau modélisé. Cette simplification est très utile puisqu'elle permet de diminuer la complexité du réseau ce qui facilite et multiplie les possibilités de calcul. Le réseau modélisé est composé de sommets reliés par des arcs. Il est possible de définir comme sommet des entités très différentes et ce choix relève toujours des objectifs que s'est fixé l'utilisateur. Logiquement, la nature des arcs est dépendante des choix effectués pour les sommets. Dans le cadre de la marche à pied, nous considérerons qu'un sommet correspond à tout point du réseau qui se trouve à l'intersection d'au moins deux tronçons de rue. Il s'agit donc d'un graphe planaire puisqu'à chaque intersection correspond un sommet. Les arcs seront dès lors des portions de rue assimilables à des "tunnels à ciel ouvert" puisqu'il n'est pas possible d'en sortir sans passer par un sommet.

Ce graphe issu de la modélisation est aisément représentable d'un point de vue graphique (figure 41) et peut être transcrit sous la forme d'une matrice booléenne d'adjacence dans laquelle chaque sommet est répertorié en ligne et en colonne. Lorsque deux sommets sont connectés par un arc et un seul (dans le cas de la connectivité de premier ordre), alors cette relation est matérialisée par la valeur 1. Dans tous les autres cas et même si deux sommets sont très proches d'un point de vue euclidien ou réticulaire, la relation entre les deux sommets est considérée comme nulle (valeur 0). Un graphe sera dit orienté s'il n'existe aucune différenciation entre les sens de parcours des arcs[41] du graphe. La matrice créée est donc parfaitement symétrique.

Certains indices peuvent être d'ores et déjà être calculés à partir de ces matrices booléennes. Ils permettent d'exprimer la forme des réseaux et son efficience pour les usagers en terme de relations entre les sommets. Ces calculs partent de l'hypothèse que la configuration du réseau introduit des différences entre les usagers, selon leur localisation dans l'espace urbain.

[40] - On pourra par exemple consulter le livre de P. Haggett et R. Chorley (1969) sur l'analyse des réseaux.
[41] - Pour simplifier la description, nous parlons d'arcs que la relation soit orientée ou non. Pour plus de rigueur, on notera que l'arc est toujours une relation orientée. Si elle ne l'est pas, il s'agit d'une arête.

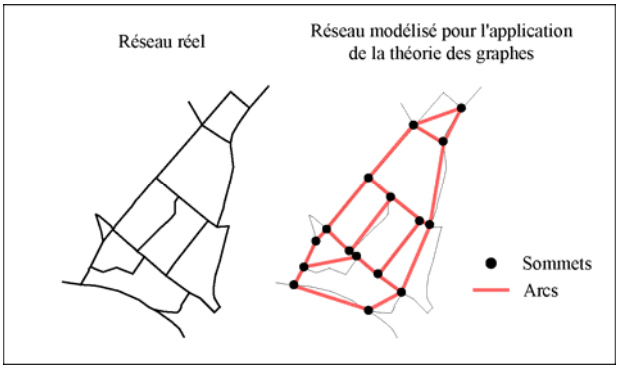


Figure 41 : Modélisation du réseau pour la théorie des graphes

2.2. Description morphologique

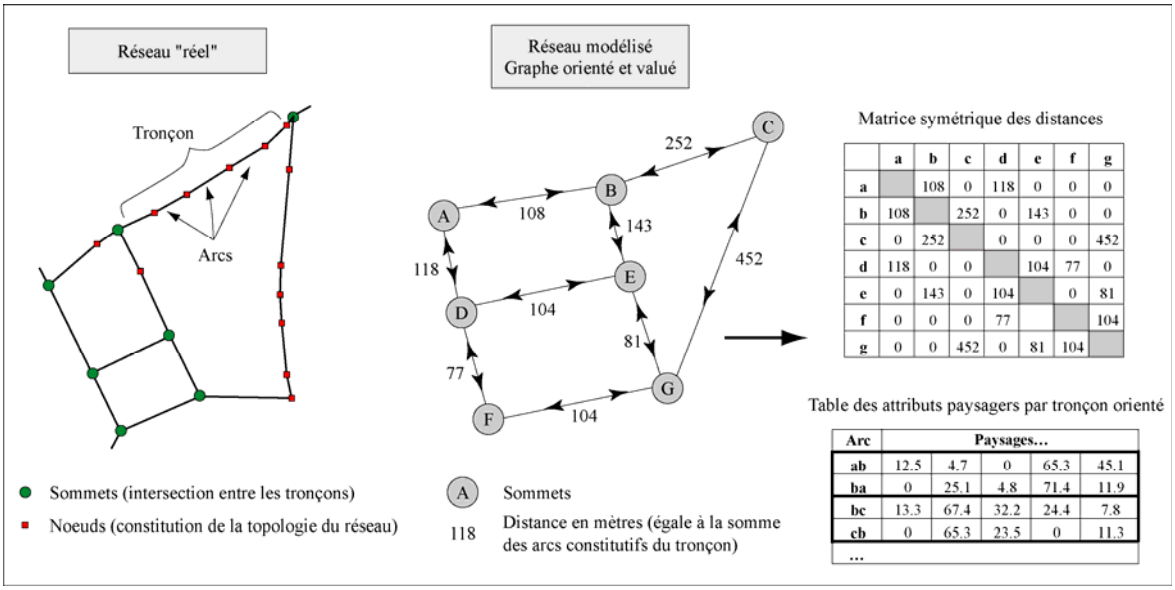
La connexité mesure la densité des liaisons entre les nœuds d'un réseau. Elle détermine s'il est possible, partant de n'importe quel sommet, d'atteindre tous les autres sommets du graphe étudié. Un graphe sera considéré comme connexe s'il existe au moins un chemin entre tous les sommets. Du point de vue des réseaux de transports routiers, il est extrêmement rare d'être confronté à un réseau non connexe, a fortiori en milieu urbain. Généralement, tous les points du territoire situés sur le réseau permettent d'accéder à tout autre point du réseau.

L'indice de connectivité traduit en quelque sorte la robustesse d'un réseau en rendant compte de sa vulnérabilité potentielle. Ainsi, un réseau dont la connectivité est faible ne met en relation les sommets que par un faible nombre de chemins potentiels. Si l'on supprime un arc sur le réseau, de nombreuses liaisons potentielles entre les sommets disparaîtront. A l'extrême, un isthme est un arc dont la suppression rend le graphe non connexe. En revanche, si l'indice de connectivité est fort, la dépendance du réseau aux arcs individuels qui le composent s'estompe ; le maillage est plus dense et d'autres itinéraires suppléeront, si besoin, la mise hors service d'un arc.

Ces indices globaux ne sauraient toutefois éclipser le fait que les réseaux ne sont pas homogènes. Il est donc profitable de les utiliser dans le but de mettre en exergue des différences au sein même des réseaux étudiés. A notre sens c'est ce qui, au sein des réseaux urbains et davantage encore pour les déplacements non motorisés, joue sur les comportements des individus, en particulier lors du choix modal. Plus un réseau sera localement efficace, plus les citadins seront enclin à opter pour un mode de déplacement a priori moins efficient, la qualité du réseau compensant en quelque sorte les défauts des modes non motorisés.

En outre, une critique majeure peut être formulée à l'encontre de cette étape modélisatrice lorsqu'elle est strictement topologique et basée sur les seules contiguïtés : elle caractérise de façon très imprécise les relations entre les sommets (figure 41). Mais cette restriction a toutefois été dépassée pour satisfaire aux objectifs de la recherche opérationnelle notamment.

Les graphes sont désormais géoréférencés[42] et surtout valués, c'est-à-dire que les arcs sont affectés de valeurs qui peuvent prendre des formes très variées comme la distance, la distance-temps, les conditions de circulation, les paysages… (figure 42). De la sorte, ils permettent d'effectuer de nombreux calculs algorithmiques comme les calculs de plus courts chemins. Lorsque l'on travaille sur les décisions, on pourra aussi introduire la notion de coût des arcs, au sens large, pour les individus (Finke, 2002) ce qui se révèlera, comme on le verra par la suite, très utile pour la modélisation des processus de choix.



	a	b	c	d	e	f	g
a		108	0	118	0	0	0
b	108		252	0	143	0	0
c	0	252		0	0	0	452
d	118	0	0		104	77	0
e	0	143	0	104		0	81
f	0	0	0	77			104
g	0	0	452	0	81	104	

Figure 42 : Graphe orienté et valué

2.3. Description fonctionnelle

La description fonctionnelle est beaucoup plus intéressante dans la mesure où elle s'attache à fournir des indices locaux et opératoires plus précis permettant de comprendre le fonctionnement d'un réseau (Mathis, 2003). Les indices de nodalité déterminent, par exemple, pour un sommet donné, le nombre de sommets qui lui sont connectés directement ou indirectement, en fonction du niveau de contiguïté choisi. Plus généralement, on parle d'incidence d'un sommet si l'on distingue, d'une part le nombre d'arcs auxquels il donne accès et, d'autre part, le nombre d'arcs dont il est la destination. L'indice de circuité (Kansky, 1963) calcule, pour sa part, la moyenne du carré des différences entre longueur par les plus courts chemins et distances euclidiennes d'un nœud à tous les autres. Une longue liste d'indices, qu'il serait fastidieux de dresser ici, peut ainsi être dérivée du graphe. Mais cette richesse traduit aussi la difficulté inhérente à la caractérisation des réseaux. Créés pour décrire, quantifier et qualifier la réalité, ils contribuent à enrichir considérablement les potentialités offertes mais finissent toujours par révéler leur lot d'imprécisions et d'approximations. Pour la marche à pied, nombre d'entre eux sont inefficaces, principalement parce qu'ils ne donnent pas une idée

[42] - Pour les graphes spatiaux.

réellement concrète des espaces accessibles et qu'ils ne mesurent donc pas l'efficacité réelle du réseau pour les piétons.

C'est pourquoi, on notera avec intérêt l'indice de potentiel en marche à pied[43] proposé par Foltête *et al.* (2002) qui permet de déterminer, depuis chaque point de l'espace urbain, la surface de l'espace accessible à pied. Son fonctionnement peut être décrit facilement puisqu'il consiste à recenser, à la vitesse moyenne de 5 km/h et avec une durée de déplacement maximale fixée 12 minutes, tous les segments de voirie accessibles. Un polygone est ensuite calculé dont la surface donne la valeur du potentiel. Cet indice correspond ainsi à un champ des possibles pédestres qui est très inégal selon la localisation dans l'espace urbain car le "*réseau secrète, par construction et en son sein, de la centralité et de la périphérie, de la marginalité et de l'éloignement*" (Dupuy, 1998).

Par ailleurs, le graphe créé, s'il est pratique pour les calculs algorithmiques, ne permet pas de travailler sur les formes précises du réseau qui peuvent recouvrir une importance dans le cadre des déplacements. Orientations, directions et angles ont disparu lors de l'étape modélisatrice (Pumain et Saint-Julien, 1997). Ainsi, deux formes de réseau totalement différentes peuvent être affectées de valeurs strictement similaires alors que, dans la réalité, l'individu qui se déplace n'aura pas du tout à faire à des réseaux identiques. Cette particularité, déjà gênante en ce qui concerne les modes de transport motorisés, devient particulièrement critiquable pour la marche à pied.

Le graphe, en tant qu'outil théorique de modélisation du réseau, est un passage quasi obligatoire pour toutes les études sur les transports. Mais il nécessite de faire des hypothèses implicites sur le réseau que l'on étudie et l'usage qui en est fait (Mathis, 2003). Comme toutes les hypothèses, celles de la théorie des graphes doivent entraîner un regard critique et soulever des questionnements. A ce titre et de manière schématique, la syntaxe spatiale peut être considérée comme une remise en question profonde de la façon d'appréhender les réseaux viaires dans une optique d'analyse des déplacements.

3. Une autre approche : la syntaxe spatiale

La syntaxe spatiale se décrit comme une analyse configurationnelle du réseau qui, via sa morphologie, est censée avoir un impact sur les comportements des citadins. La méthode employée diffère totalement des visions couramment rencontrées et la syntaxe spatiale s'est imposée comme un courant de recherche et de pensée à part entière. Ce sont des architectes qui en sont à l'origine, B. Hillier et J. Hanson (1984), mais les géographes se sont rapidement intéressés aux possibilités offertes par ce nouveau champ d'analyse urbaine par ailleurs très utile pour étudier les déplacements. Très dynamique si l'on en juge par le nombre de publications qui s'y réfèrent, la syntaxe spatiale est basée sur des axiomes spécifiques qui s'affranchissent de la distance dans son acception classique. Ainsi, ce sont les relations

[43] - Qui ne sera toutefois pas directement assimilé à la théorie des graphes.

visuelles qu'entretiennent les lieux entre eux qui servent de base à la redéfinition de la proximité.

B. Hillier (1987) décrit les principes de l'analyse de la morphologie urbaine comme : (i) une étude de la forme physique et spatiale de l'objet urbain, (ii) la nécessité de mettre en place une discipline décrivant scientifiquement les formes urbaines pour orienter les démarches de planification, (iii) l'intégration des théories architecturales et urbanistiques. Les premières études sur la syntaxe spatiale, qui datent de 1975, ont essentiellement introduit l'idée qu'il y a seulement "*un petit nombre de types fondamentaux de règles pour organiser les relations spatiales*" (Hillier, 1987). Ces règles, qui peuvent être formalisées selon la technique des lignes axiales et des espaces convexes, sont liées aux déplacements à l'intérieur de l'espace urbain.

3.1. Le "mouvement naturel"

Le concept de mouvement naturel est central dans la syntaxe spatiale. Il postule que la proportion de déplacements enregistrés sur les tronçons de rues est déterminée par la structure du réseau (Jiang et Claramunt, 2000) plutôt que par la présence d'attracteurs ou d'émetteurs de déplacements. B. Hillier (1996) justifie cette hypothèse peu évidente en affirmant que les origines et destinations des déplacements sont réparties dans tout l'espace urbain, avec bien sûr quelques de fortes concentrations ; les déplacements tendent donc "*à partir de partout pour arriver partout*" et ce ne sont que les spécificités du réseau qui influent sur les comportements. Cette hypothèse peut sembler, d'un certain point de vue, aspatiale et contestable mais de nombreux travaux empiriques l'ont validée.

Ce mouvement naturel, est lié au fait que l'espace est appréhendé, d'un point de vue cognitif, selon deux échelles (Jiang et Claramunt, 2000). La plus fine correspond à ce que l'on peut percevoir de manière immédiate, sans recourir à notre mémoire ou à des modes de représentations plus sophistiqués. La plus grossière met en relation ces échelles fines pour conduire à une représentation d'espaces plus vastes. Ce principe est à la base de la syntaxe spatiale et l'on considérera que les individus n'effectuent un choix spatial que lorsqu'ils passent d'une échelle fine à l'autre, c'est-à-dire lorsqu'ils changent d'environnement visuel.

On rapprochera ce concept des travaux des psychologues pour qui le déplacement est une "sommation vague faite par l'esprit humain de l'ensemble de ses changements de direction à chacun de ses pas ou, en tout cas à chacune de ses unités de démarche en ligne droite, c'est-à-dire sans effectuer de reprogrammation motrice" (Moles et Rohmer, 1982). Si l'environnement est visuellement limité, le piéton doit faire référence à sa mémoire spatiale pour faire coïncider ses actions passées avec ses actions futures. S'agit-il d'un hasard sémantique, le terme de path integration est utilisé en psychologie pour désigner le processus par lequel un sujet vérifie continuellement sa route en fonction d'un point de référence, pas obligatoirement visible. Basé sur l'appréciation de la distance et de l'angle avec ce point, le path integration peut conduire à choisir des routes plus directes (Allen, 1999).

Ainsi, "l'espace urbain ne s'appréhende pas dans sa totalité, comme sur un plan, il requiert le mouvement et l'intégration, une mise en place graduelle de la personne qui s'y déplace,

construisant ainsi une vue d'ensemble" (Hillier et Chiaradia, 2003). A. Turner et A. Penn (2002) rapprochent cette idée du concept d'affordance développé par J. Gibson (1979) qui décrit le phénomène d'adaptation immédiate d'un individu à son environnement. Il correspond à une perception directe, sans médiateurs cognitifs, mais qui prend en compte les caractéristiques de l'individu, son action et les propriétés de l'environnement. Cette perception permet une adaptation immédiate de chaque individu sous la forme d'une action. Par exemple, la vision, qui est fonction de la vitesse et de l'orientation de l'individu mais aussi des caractéristiques de l'environnement, peut être considérée comme une affordance prépondérante dans la locomotion.

Pour représenter le mouvement et les interactions que cela suppose avec l'environnement, deux approches sont utilisées. La première est linéaire, c'est-à-dire que la structure du réseau est représentée sous la forme d'un plan viaire ; la seconde est surfacique et plus liée à une vision architecturale de l'urbain.

3.2. Méthode surfacique

L'approche surfacique est basée sur l'analyse convexe qui est une détermination des champs potentiels de vision dans l'espace urbain. On peut en fournir une mesure grâce aux calculs d'aires isovistes qui sont des champs de visibilité depuis un point d'observation donné (figure 43) ; en somme, ce sont des champs de visions d'inter-visibilité potentiels (Hillier et Chiaradia, 2003). L'hypothèse sous-jacente, toujours visuelle, réside dans le fait que les mouvements des individus sont attirés par les surfaces les plus vastes. Pour la vérifier, on pourra utiliser le graphe d'analyse visuelle (Desyllas et Duxbury, 2001) qui synthétise l'ensemble des isovistes de l'espace en déterminant un champ de vision potentiel maximal. L'analyse convexe était initialement utilisée pour étudier les mouvements à l'intérieur des bâtiments. A. Turner et A. Penn (2002) l'ont, par exemple, appliquée dans la Tate Gallery de Londres : la simulation mise en œuvre est basée sur des agents dont les règles de mouvement sont exclusivement dépendantes de la configuration de l'espace. La perception visuelle de l'environnement par les individus est directe et l'environnement est considéré comme un "*fournisseur de potentialités*". Mais l'analyse convexe se révèle tout aussi utile pour étudier les déplacements dans l'espace urbain. Toutefois, nous ne détaillerons pas davantage cette technique qui nécessite une modélisation surfacique du réseau dans la mesure où nous ne l'utiliserons pas dans la suite de notre travail.

3.3. Méthode linéaire

Dans cette approche linéaire, on utilise principalement les lignes axiales pour modéliser le réseau. Celles-ci peuvent être considérées comme des perspectives de vues dans lesquelles les tronçons de rue sont visibles entre eux, ce qui implique un alignement presque parfait. On peut noter le lien évident entre cette définition des lignes axiales et les paysages urbains tels que nous les avons appréhendés lors de notre enquête paysagère. Concrètement, on tracera sur le

réseau les plus grandes lignes possibles[44] tant que les angles entre tronçons ne dépassent pas un certain seuil, déterminé à l'avance ; la figure 43 présente la création des quatre premières lignes axiales pour une partie du réseau réel étudié. Une ligne axiale est donc une fraction de l'espace urbain à l'intérieur de laquelle un individu pourra se déplacer à moindre coût, sans avoir à faire appel à sa mémoire ou à son imagination. Il s'agit d'une relation concrète et par conséquent intelligible dans laquelle l'unité de base n'est plus le tronçon de rue mais la perspective visuelle. Une ligne axiale contient souvent plusieurs tronçons mais plusieurs lignes axiales peuvent parfois être nécessaires pour modéliser un tronçon. La création de lignes axiales pour l'ensemble d'une ville donne une carte axiale. C'est la connectivité entre lignes axiales qui permet de caractériser les liens entre les espaces urbains, redéfinis sur la base de relations de visibilité. Ainsi, tous les tronçons de rues appartenant à une même ligne axiale auront une distance topologique d'ordre 1, indépendamment de la distance "réelle" les séparant, car la relation de visibilité est directe. On généralise ensuite cet indice selon des règles de connectivité : une distance topologique d'ordre 3 signifie, par exemple, que la relation optimale entre deux points dans l'espace passe par un minimum de trois lignes axiales connectées. Plus cette distance est élevée, plus le cheminement est considéré comme complexe car il mobilise une abstraction accrue de l'individu en mouvement. L'entité élémentaire du déplacement est ainsi redéfinie selon des principes de visibilité.

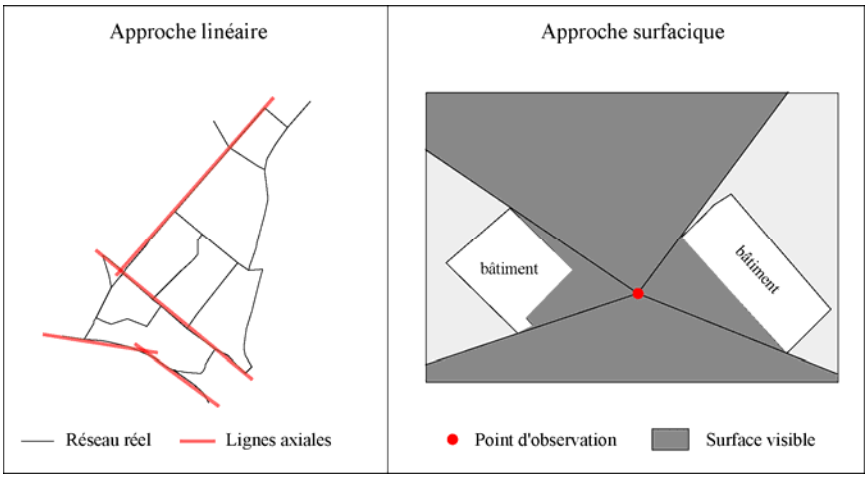


Figure 43 : L'analyse visuelle dans la syntaxe spatiale : les lignes axiales et le polygone isoviste

On le voit, l'approche est fondamentalement différente de celle développée dans la théorie des graphes et il suffit d'observer la figure 44 pour s'en convaincre. La modélisation d'un réseau linéaire débouche, selon la formule choisie, sur un graphe lié à la topologie ou sur une carte axiale dépendante du visuel.

Mais l'on peut tout de même établir quelques comparaisons. Comme pour la théorie des graphes, un vocabulaire spécifique et des indices variés ont été créés au rythme des développements apportés. Certains de ces indices présentent des similitudes. Ainsi, la

[44] - A l'origine réalisées manuellement, la plupart des techniques de la syntaxe spatiale sont aujourd'hui générées automatiquement via l'utilisation de programmes informatiques spécifiques.

connectivité pourra être appliquée dans les deux applications ; on voit toutefois, sur la figure 45, qu'elle donne des résultats fort dissemblables. Dans l'exemple présenté, entre l'origine et la destination d'un trajet, la connectivité est d'ordre 8 en théorie des graphes et d'ordre 2 dans la syntaxe spatiale.

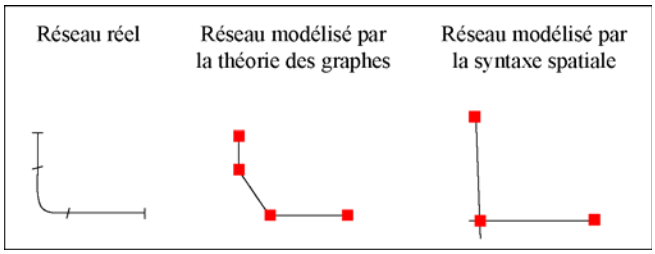


Figure 44 : Théorie des graphes et syntaxe spatiale : deux approches fondamentalement différentes

De nombreuses autres mesures, qui permettent de caractériser la performance d'un réseau d'un point de vue local ou global, peuvent être appliquées à la carte axiale. La plus utilisée est l'intégration ; elle calcule un indice de "proximité" pour chaque ligne axiale en fonction de son degré de connectivité aux autres lignes (figure 46). Nous la décrirons plus précisément dans la partie suivante mais il faut d'ores et déjà noter que des corrélations très satisfaisantes ont démontré qu'il existe une relation entre marche à pied et valeurs d'intégration des lignes axiales (par exemple Hillier, 1996 ; Cutini, 1999), en dehors de toute prise en compte de la localisation des activités et d'usage du sol. Cela indique que les piétons sont sensibles à la configuration du réseau et qu'ils ont tendance à choisir leur itinéraire en privilégiant des lignes axiales longues, rectilignes et qui donnent accès à un maximum d'autres lignes.

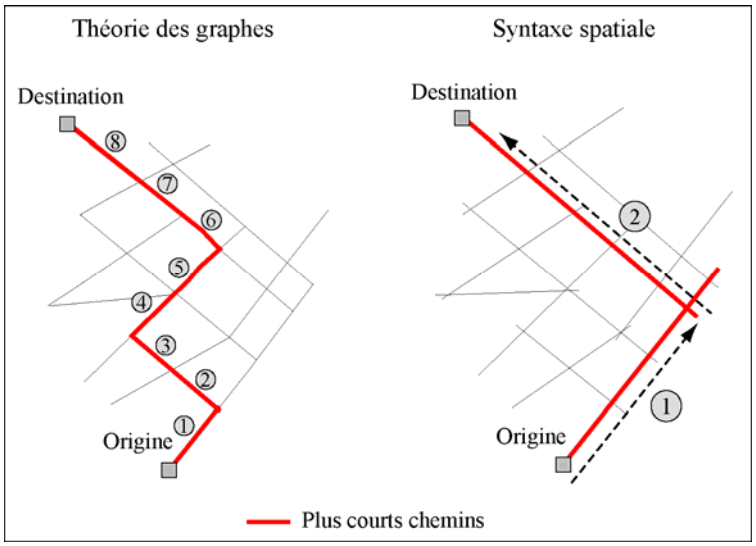


Figure 45 : Théorie des graphes et syntaxe spatiale : deux définitions de la "proximité"

La caractérisation morphologique de l'espace par la syntaxe spatiale est donc très intéressante parce qu'elle est étroitement liée aux pratiques spatiales et donc aux déplacements des citadins.

En outre, l'influence du visuel y est prépondérante car les piétons sont supposés opter pour les rues qui leur offrent une visibilité maximale et donc une bonne lisibilité de l'espace. Le piéton peut ainsi "avoir sous les yeux" l'endroit où il désire se rendre, qu'il s'agisse d'une destination finale ou partielle. A notre sens, le mérite essentiel de la syntaxe spatiale réside donc dans la formulation d'une hypothèse forte sur les comportements des piétons. Ce dernier est plus actif, sensible à son environnement et agissant en conséquence. Les prolongements récents de cette théorie vont dans ce sens et intègrent désormais davantage de données sur l'environnement urbain. B. Jiang et C. Claramunt (2000), tout en prenant acte des résultats satisfaisants déjà obtenus, proposent d'introduire la notion d'espaces attractifs pour améliorer les capacités de la syntaxe spatiale à décrire l'environnement urbain. Dans une autre optique, on notera avec intérêt les développements récents qui élargissent le concept d'isovistes, habituellement associé à une vision en deux dimensions de l'espace urbain, à une analyse visuelle en trois dimensions (Fisher-Gewirtzman *et al.*, 2005).

Conclusion

Ces deux méthodes, théorie des graphes et syntaxe spatiale, sont essentielles pour l'étude de la mobilité urbaine et nous les utiliserons dans nos analyses. Elles nous permettront de passer d'une description structurelle du réseau viaire à une analyse fonctionnelle de la mobilité. Le structurel correspond à la forme du réseau et à la manière dont il s'impose aux individus. Un calcul d'accessibilité est dans ce cas centré sur les lieux. En l'analysant, on répondra à ce type de question : à quoi peut accéder un individu en fonction de ses capacités de déplacement et surtout en fonction des possibilités que lui offre l'espace environnant ? Le fonctionnel correspond à la manière dont l'individu s'accommode de cette structure, à l'utilisation réelle qu'il en fait. Deux individus tributaires d'une structure réticulaire semblable peuvent fonctionnellement agir de façon totalement différenciée. Travailler sur le fonctionnel consiste donc à se questionner sur les choix que réalisent les individus et sur les règles comportementales qui en sont à l'origine. Pour cela, l'accessibilité doit être calculée de manière individu-centrée : au-delà de la forme du réseau, l'accessibilité peut aussi être mise en évidence par le nombre de chemins disponibles pour chaque trajet, par les caractéristiques inhérentes à ces chemins ou par les caractéristiques individuelles. Cela passe par la mise en œuvre d'analyses désagrégées comme le permettent les modèles de choix discrets, issus de l'économie, que nous présenterons dans le chapitre suivant.

Chapitre 3

Choix d'itinéraires et modèles comportementaux

Disposant maintenant de données précises sur la mobilité pédestre et les paysages urbains, il reste à définir une méthode apte en à extraire le maximum d'information. Pour cela, il est nécessaire de consulter les travaux portant sur des thématiques similaires. En effet, notre travail s'insère dans le champ de recherche très dynamique de la mobilité urbaine. Depuis 50 ans, la modélisation a permis de répondre, avec plus ou moins de réussite, aux problèmes posés en matière de déplacements. Mais sur les besoins de planification initiaux sont venus assez rapidement se greffer des questionnements relatifs aux comportements de déplacement, plus délicats à résoudre. Même si elles ne sont pas les seules, économie et psychologie sont les deux disciplines qui ont le plus contribué à la formalisation des comportements de déplacement. En apparence opposées, le débat souvent contradictoire qui les a animées a surtout permis de faire évoluer les savoirs ainsi que les méthodes et outils disponibles. L'objet de ce chapitre sera de positionner notre approche dans ce contexte fécond.

1. Une approche modélisatrice

Etudier les comportements humains implique de répondre, en amont, à une question fondamentale. Doit-on utiliser une méthode quantitative ou qualitative ? L'opinion de K. Clifton et S. Handy (2001) est, à ce sujet, très claire : il ne sera pas possible de progresser dans la compréhension des déplacements sans recourir à des enquêtes qualitatives qui permettent d'interroger les personnes sans a priori. Or, pour ces auteurs, les techniques employées restent essentiellement quantitatives bien qu'elles soient, seules, incapables de faire progresser les

connaissances. Ils démontrent d'ailleurs les avantages des méthodes qualitatives en formulant deux questions essentielles auxquelles elles permettent de répondre :

- quelles sont les alternatives dont a tenu compte chaque individu avant d'effectuer son choix ?
- quels sont les caractéristiques des alternatives qui ont été prises en compte ? Comment ont-elles été évaluées ?

Dans le but d'appréhender les comportements, les recherches sur les déplacements en milieu intra-urbain devraient donc davantage porter sur des modes de recueil qualitatifs (Handy, 1996 ; Røe, 2000). A notre sens, cette distinction qualitatif-quantitatif renvoie en partie à l'opposition entre démarche déductive et inductive. Les recherches déductives, davantage basées sur du quantitatif, partent d'hypothèses prédéterminées relatives au comportement supposé des individus. Elles vérifient ensuite la validité de ces hypothèses au regard des résultats obtenus. Les recherches inductives fonctionnent dans un cadre moins contraignant, elles sont libres de toutes théories préconçues et sont plus associées à des approches qualitatives qui permettent de faire émerger des connaissances nouvelles pas toujours imaginées par le chercheur. On notera que les démarches modélisatrices, nécessairement déductives, le sont néanmoins à des degrés divers. Certaines prennent en compte un nombre si élevé d'éléments présumés explicatifs que leur fonctionnement peut être assimilé à des démarches inductives. En ce qui nous concerne, notre démarche modélisatrice et déductive se base sur une hypothèse paysagère qui peut être considérée comme fortement restrictive. Ce choix est cependant volontaire puisque nous désirons travailler sur un thème d'ordinaire peu traité. Par ailleurs la variété des classes testées fournit, au sein de cette thématique paysagère, un champ d'investigation relativement vaste et ouvert.

1.1. Les principes de la démarche modélisatrice

Les comportements humains sont extrêmement variés et le chercheur qui étudie la ville "*se trouve confronté à un monde complexe, à un chaos d'expériences existentielles*" (Bailly, 1995). C'est de ce chaos que la modélisation extirpe des règles comportementales. Elle permet, comme le mentionne T. Saint-Julien (2000) une "*mise à jour des différences dans l'espace géographique*" tout en marquant un changement dans la façon d'appréhender un sujet de recherche : on ne se demande plus simplement "*où ?*" mais aussi "*où et comment ?*", "*où et pourquoi ?*".

Un descriptif de le démarche modélisatrice a été fourni par F. Durand-Dastès (2001).

- En observant la réalité, on formule des hypothèses sur les faits spatiaux que l'on désire analyser. Cette phase d'observation peut se nourrir de l'apport d'autres disciplines. Ainsi, modéliser les comportements humains implique de se référer aux travaux des psychologues par exemple ;
- les hypothèses sont insérées dans un modèle censé reproduire le plus fidèlement possible la réalité ;

- Les simulations permettent de tester les hypothèses en les confrontant à la réalité. Des indicateurs permettent de mesurer l'écart entre simulation et réalité et de confirmer ou infirmer les hypothèses émises ;
- La plus ou moins grande validité du modèle peut conduire à la formulation de nouvelles hypothèses pour fournir un meilleur ajustement à la réalité ;
- Lorsque plus aucune modification n'apporte d'amélioration, le modèle atteint son statut final, plus ou moins satisfaisant.

Pour explorer un thème de recherche particulier, la démarche nécessite donc la formulation d'hypothèses qui prennent la forme de variables mais influent aussi sur le choix du modèle utilisé. Les résultats obtenus conduisent ensuite théoriquement à rejeter ou valider ces hypothèses. Mais, souvent, les travaux portent davantage sur l'évaluation des variables introduites que sur le choix du modèle, toujours supposé adéquat. C'est pourtant de ce double-questionnement que peuvent émerger des conclusions réellement satisfaisantes.

1.2. Un modèle général : le modèle à quatre étapes

Concernant la problématique des déplacements, nous partons de l'hypothèse que la mobilité pédestre urbaine est en partie dépendante des paysages urbains. Mais il est indéniable que le paysage n'est pas le constituant unique et essentiel des choix qui président à la mobilité : il intervient en second lieu, après un certain nombre de paramètres qui interagissent pour déterminer les caractéristiques principales du déplacement. On citera par exemple la localisation des commerces, de l'habitat et des emplois ou les caractéristiques économiques et sociales de la population de chaque quartier… Ces paramètres sont pris en compte dans le modèle à quatre étapes qui sert à la prévision du trafic (Quinet, 1998). C'est pourquoi nous décrirons son fonctionnement car cela permettra de situer précisément notre travail dans le cadre plus global de la mobilité intra-urbaine.

Les modèles de prévisions de trafic sont nés aux Etats-Unis dans les années 50. Ils avaient pour but initial d'optimiser les investissements en infrastructures de transport en se basant sur des enquêtes origines-destinations. Ces modèles, qui suivaient initialement des lois gravitaires permettant de prédire les flux à partir des caractéristiques des zones d'émission et de réception, ont ensuite très rapidement pris la forme de modèles à quatre étapes. Ce n'est qu'au début des années 60 que ces modèles ont été adoptés en France. Leur fonctionnement peut être décrit comme suit (figure 46).

La génération détermine le nombre de déplacements entrants et sortants pour chaque zone, en fonction des générateurs et émetteurs présents. Quatre générateurs sont énoncés par M. Wiel (2002) : le domicile, le lieu de travail, les équipements collectifs et l'espace public. Ce sont ces quatre principaux lieux de co-présence et leur agencement qui forgent la ville et déterminent la mobilité. Ils la génèrent et en sont dépendants en fonctionnant à l'image d'un "*couple fixe/mobile*" (Ascher, 1995a). En fonction de ces caractéristiques, chaque zone est ensuite affectée d'une valeur d'émission et d'attraction. Néanmoins, les déplacements domicile-travail

sont de loin les plus utilisés dans le processus de modélisation, ce qui peut sembler discutable dans la mesure où la société actuelle tend à devenir moins dépendante du temps du travail.

La **distribution** consiste à déterminer vers quelles zones un espace donné émet des déplacements et inversement. Le calcul est, le plus souvent, basé sur le poids relatif de chaque zone en attraction et en émission et pondéré par la distance via l'utilisation de modèles gravitaires. Une matrice origine-destination concernant toutes les zones étudiées est ainsi calculée.

Le **choix modal** fait l'objet de recherches très dynamiques. Généralement, le choix du mode de transport est considéré comme dépendant de l'offre de transport (notamment public), des caractéristiques du déplacement et d'un ensemble de variables relatives aux individus. Dérivée des modèles logistiques, la fonction logit est habituellement utilisée dans le but de modéliser le partage modal. Ainsi, pour une origine i et une destination j, la probabilité d'utiliser les transports en commun plutôt que l'automobile équivaut à (Ben-Akiva et Lerman, 1985) :

$$P_{TCij} = \frac{1}{1 + \exp(u)}$$

où u correspond aux différences relevées entre les deux modes considéré, selon une série d'indicateurs sélectionnés par le modélisateur. Si cette fonction intervient généralement lors des étapes de choix modal, elle peut aussi être utilisée lors de l'étape d'affectation. Ce modèle est agrégé dans le sens où l'unité statistique est le pourcentage d'usagers choisissant tel mode parmi un ensemble disponible et pour des couples origine-destination zonaux donnés.

L'**affectation du trafic** sur le réseau se base fréquemment sur la technique éminemment réductrice de minimisation des distances ou des temps de parcours, ce qui conduit à une affectation tout ou rien puisque le chemin qui présente le coût minimal est choisi. Cette technique, très pragmatique, reste largement usitée en raison de sa simplicité alors qu'elle ne prend pas en compte des comportements décisionnels (Masson, 1998). Pourtant, les choix d'itinéraires ont donné lieu à des recherches relativement nombreuses dont nous rendrons compte par la suite. C'est au sein de cette dernière étape que se positionne notre travail.

Les modèles à quatre étapes interviennent donc dans le cadre d'analyses généralistes qui mettent en jeu des problématiques très variées. C'est ainsi qu'ils nécessitent une mise en relation des questionnements sur les sous-systèmes transports (architecture du réseau et caractéristiques inhérentes), territoire (localisation des activités) et comportements de mobilité des citadins au sein d'une ville. C'est à ce prix qu'ils peuvent garantir un fonctionnement satisfaisant et être utilisés comme des outils de simulation, les variations des données d'entrées étant utilisées pour tester différents scénarios prospectifs.

En définitive, le modèle à quatre étapes peut être considéré comme une succession linéaire de quatre sous-modèles. A notre sens, il ne s'agit donc pas d'un modèle à proprement parler mais plutôt d'une démarche modélisatrice permettant de simuler et prédire les flux sur un réseau de transport. Critiqué, il a toutefois profité des acquis récents en matière de modélisation en

intégrant des sous-modèles désagrégés plus précis que ceux initialement utilisés. C'est notamment la raison pour laquelle il continue à servir de base théorique à de très nombreux travaux et reste opérationnel pour la prévision de trafic par exemple.

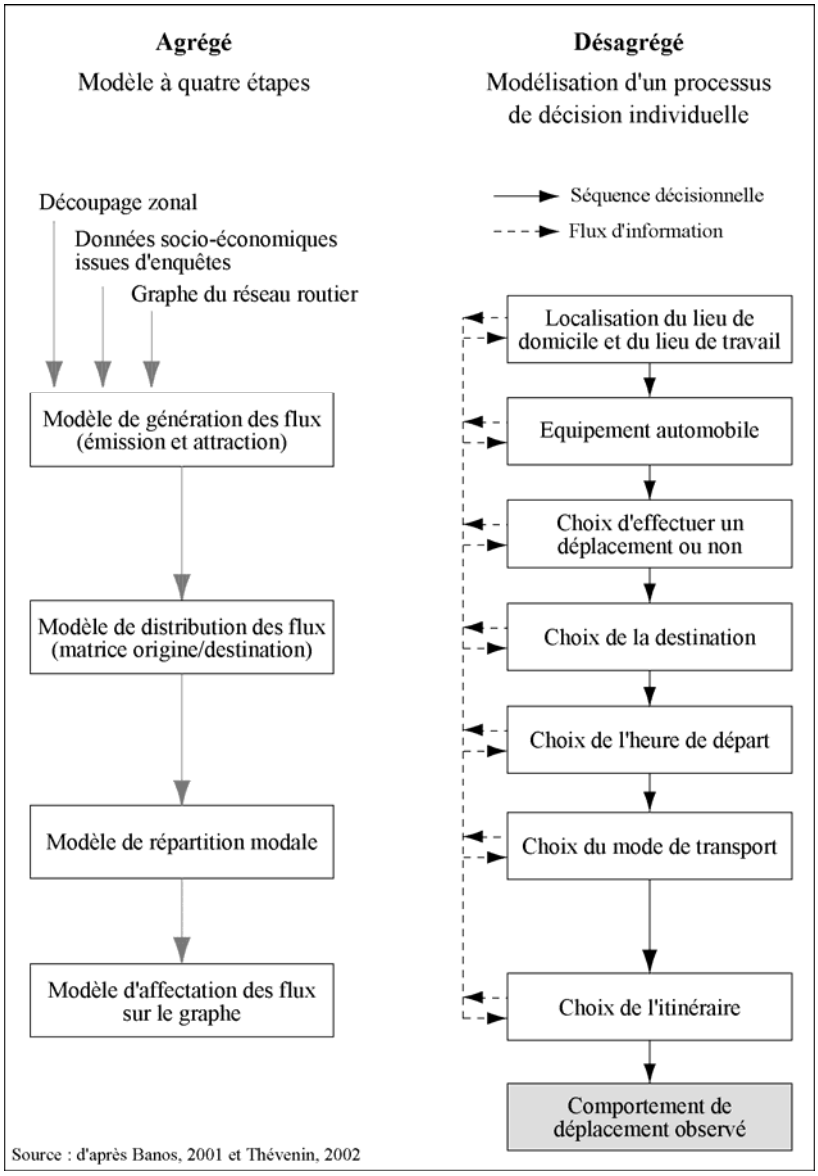


Figure 46 : Modèle à quatre étapes et processus de décision

1.3. Les modèles désagrégés

Les modèles agrégés sont à l'image de la gestion urbaine des années qui les ont vu naître. A l'époque, les outils de modélisation aidaient à gérer et prévoir des flux sur des réseaux devant satisfaire les besoins de déplacement presque exclusivement tournés vers l'automobile. Aujourd'hui encore, ils sont utilisés dans le cadre de démarches planificatrices qui prêtent peu d'attention aux pratiques individuelles : dans ces modèles, il importe peu que les axiomes soient peu réalistes du moment que les résultats donnent satisfaction. Progressivement, une famille de modèles est pourtant venue combler les défauts des modèles agrégés.

Avec la naissance des préoccupations environnementales, le désir d'une meilleure qualité de vie et la remise en cause du tout automobile, de nouveaux questionnements sont apparus. Mais comme les habitudes de mobilité de la population ne se sont pas mises au diapason de cette prise de conscience, au grand dam des aménageurs, les critiques adressées aux modèles de prévision de trafic classiques se sont intensifiées. Dans un tel contexte, la nécessité d'adopter une démarche plus compréhensive, centrée sur les individus et leurs comportements fit naturellement son apparition, au début des années 70. Elle est plus que jamais d'actualité aujourd'hui et passe par la mise en œuvre de modèles désagrégés, basés sur des données plus précises, et qui n'étudient plus les comportements de façon générale mais les décisions de chaque individu. Les modèles désagrégés ont permis d'ouvrir un nouveau champ d'investigation plus comportemental et donc plus en adéquation avec la réalité. Les modèles de choix discret font partie de cette de catégorie dans le sens où ils permettent de modéliser un choix parmi un ensemble de potentialités. Mais ils restent malheureusement peu utilisés dans le cadre de la recherche opérationnelle même si la méthodologie a été en partie reprise dans les modèles quatre étapes de nouvelle génération (logiciels EMME2, MINUTP et TRIPS) (Banos *et al.*, 2005). Nous reviendrons en détail sur les modèles désagrégés un peu plus loin.

Sur la figure 46, les deux procédés de modélisation ont été volontairement mis en parallèle car ils présentent certaines similitudes dans leur déroulement. Toutefois, ils s'opposent fondamentalement en ce qui concerne les objectifs à atteindre. L'un permettra de prévoir le trafic de manière agrégée alors que l'autre cherchera à décrire les comportements pour parvenir à des résultats plus fiables. Bien évidemment, cette distinction est quelque peu schématique mais elle traduit tout de même la finalité spécifique de chaque méthode : "*l'étude des déplacements dans leur ensemble permet de quantifier l'impact des formes urbaines sur la mobilité en général, alors que les études sur les comportements de déplacement nous aide à comprendre comment et pourquoi les formes urbaines sont liées aux déplacements*" (Handy, 1996). Dans le modèle désagrégé, on notera que les différents niveaux interagissent et que chaque choix est dépendant des choix passés et futurs. Concrètement, pour donner un exemple de cas extrême, un piéton pourra changer de choix de destination si les caractéristiques du réseau ne lui conviennent pas ; il pourra aussi renoncer à la marche à pied pour un autre mode et l'on touche là au cœur de notre problématique. Ce processus de décision est donc beaucoup plus proche de la réalité que le modèle à quatre étapes qui reste très schématique. Il est dynamique, plus complexe et intègre davantage de composants relatifs à la décision.

Par exemple, les **modèles de choix de l'heure de départ** permettent, pour un mode de transport donné, d'appréhender les choix en fonction de l'heure de réalisation du trajet et au regard des conséquences que cela implique pour l'individu en terme de volume du trafic. Dans le même ordre d'idée, les **modèles sur les chaînes de déplacement**, sur **les schémas d'activité** prennent en compte des informations sur les conditions de déplacements. Des temps de trajets importants liés à des mauvaises conditions de circulation peuvent conduire à modifier la gestion spatio-temporelle des activités. Cette re-programmation du schéma d'activité est dépendante des habitudes et du programme initialement établi, des possibilités de gestion de l'espace-temps… Concernant les choix d'itinéraires, on trouve de plus en plus fréquemment, des **modèles d'affectation dynamique** permettant d'étudier les choix d'itinéraires en temps réel via des systèmes multi-agents. Quant aux étapes qui figuraient déjà dans les modèles

agrégés, elles sont utilisées de manière désagrégée. Ainsi, la détermination des fréquences de déplacements se fait via la modélisation du choix d'effectuer un trajet ou non pour chaque individu étudié. De nombreuses variables peuvent entrer en ligne de compte tels que le revenu, le nombre de personnes ou le nombre d'enfants du ménage, le nombre d'emplois, de commerces et, plus généralement, la densité et la diversité d'une zone. Mais elles sont toutes appliquées pour chaque individu, au cas par cas.

Les recherches sur ces nouveaux développements sont dynamiques mais les modèles de choix modaux restent prépondérants. Ils sont, la plupart du temps, mis en œuvre avec des données sur l'utilisation de l'espace (*land use*). La marche à pied ne déroge pas à la règle et A. Vernez-Moudon *et al.* (1997) rappellent que l'on cherche habituellement à estimer les flux pédestres à partir des densités de population, des revenus et de l'utilisation de l'espace. De nombreux travaux, en partie recensés par S. Handy (1996), ont déjà établi un lien entre la forme urbaine et le choix du mode de déplacement. Pour la plupart, ils démontrent que la densité des générateurs de déplacements et la mixité de l'usage de l'espace sont très favorables à la marche à pied (Frank et Pivo, 1994 ; Kockelman, 1996 ; Cervero et Kockelman, 1997 ; Rodriguez et Joo, 2004). De telles constatations sont d'un intérêt indéniable.

Mais, ces mesures portant sur la densité et la mixité se révèlent souvent insuffisantes, qu'elles soient utilisées séparément ou conjointement. Aussi, A. Vernez-Moudon *et al.* (1997) postulent que la prise en compte de la conception des lieux est la plus susceptible de révéler les flux pédestres. Récemment, certains travaux ont permis de vérifier cette hypothèse en analysant le lien entre choix du mode de transport ou de la destination et contexte du déplacement (Rodriguez et Joo, 2004). Les variables testées, pente moyenne, pourcentage de trottoirs le long des itinéraires, ne sont pas de nature paysagère mais s'attachent à décrire certaines caractéristiques du déplacement en marche à pied. L'indice PEF[45] (Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas, Inc., 1993), très souvent cité dans les travaux sur la marche à pied, recense des variables de type continuité des trottoirs ou passages pour piétons théoriquement favorables à la marche à pied. Les conclusions sont encourageantes puisque certaines variables de l'indice PEF semblent influencer le choix de la marche à pied comme mode de transport. Forts de ce constat, les auteurs préconisent d'ailleurs la mise en place de recherches multipliant le nombre de ces variables environnementales en rappelant que des nuisances visuelles pourraient également conduire à des phénomènes de renoncement. Bien entendu, il ne s'agit pas de paysages à proprement parler mais plutôt de variables détaillant les conditions techniques du déplacement. Néanmoins, on ne peut qu'être optimiste au vu de ces résultats qui expriment une forme de sensibilité des piétons au contexte de déplacement.

Comme le prouve l'abondance de la littérature scientifique, les recherches s'orientent principalement vers la mise en œuvre de modèles liant choix du mode de transport et usage de l'espace. En revanche, celles qui récoltent des données détaillées sur les trajets des piétons et étudient précisément les choix d'itinéraires sont peu nombreuses. Ce constat ne va pas sans susciter des questionnements. Il semble en effet que, dans l'esprit des chercheurs, les choix modaux des individus ne puissent qu'être exclusivement étudiés lors de l'étape "choix du

[45] - Pedestrian Environment Factor.

mode de transport" du processus de décision. Pourtant, l'étude des choix d'itinéraires peut aussi être utilisée dans l'optique d'une meilleure compréhension des conditions de déplacements et de leur incidence. Les itinéraires évités ou plébiscités doivent servir de référence car ils sont la traduction des choix des individus et expriment par conséquent leurs préférences. D'ailleurs, cette hypothèse est matérialisée dans la figure 46 par les flux d'informations entre "choix du mode de transport" et "choix de l'itinéraire". Une telle étape est essentielle pour l'étude d'un mode comme la marche à pied, très sensible à l'environnement en tant que support du déplacement. Et puisque le choix modal est dépendant des caractéristiques environnementales du déplacement, on postulera que les paysages peuvent aussi interférer dans le choix de la marche à pied.

1.4. Modèles de choix discrets et modèles de choix d'itinéraires

La plupart des études portant sur les choix d'itinéraires ont été réalisées dans l'optique de prédire les charges sur le réseau. Dans un souci de simplicité, l'affectation sur le réseau a longtemps été basée sur des principes de coût minimal, en terme de temps et d'argent, mais cette méthode qui ne reproduisait que très approximativement le processus de décision a été remplacée par des techniques plus réalistes. Le comportement de choix d'itinéraires a ainsi ouvert la voix à de nombreuses recherches.

Les premières modifications ont simplement consisté à tester les choix de route des conducteurs à partir de sous-groupes de la population étudiée. Implicitement, ces tentatives cherchaient à remettre en cause l'individu-type agissant toujours selon des préceptes de rationalité identiques. En travaillant sur les motifs de déplacements, Heathington *et al.* (1971) ont par exemple démontré que des différences de comportement pouvaient être relevées et que la sensibilité à la perte de temps n'était pas perçue de la même manière selon les motifs. La distinction homme-femme ou des appréciations sur la sécurité ont fait leur apparition à la même époque, principalement sur la base de résultats issus d'enquêtes analysées de manière agrégée.

Mais les apports les plus significatifs ont été le fait des travaux désagrégés et principalement des modèles de choix discrets. Ces modèles sont basés sur la définition de règles de décision pour un nombre fini d'alternatives. Le choix peut être décrit comme suit : (i) définition du problème de choix, (ii) génération des alternatives qui constituent l'ensemble de choix réduit considéré par l'individu, (iii) évaluation des attributs pertinents permettant de discriminer les alternatives, (iv) choix.

Ces modèles sont parfaitement adaptés aux déplacements en marche à pied qui s'effectuent entre choix et contrainte car le réseau impose le nombre de chemins potentiellement utilisables entre une origine et une destination. Cet ensemble de choix impose aussi des caractéristiques inhérentes aux "plus courts chemins" disponibles parmi lesquels le piéton aura à choisir ; la pratique de l'espace urbain est à la fois subie et choisie et "*le cheminer ressemble à une lecture-écriture*" (Augoyard, 1979). On comprend facilement que les choix d'itinéraires sont restreints et que les contextes de choix sont très variables d'un individu à l'autre. Or, les

modèles de choix discrets permettent, c'est là tout leur intérêt, le calcul pour chaque individu de probabilités de choix en fonction des caractéristiques associées à chaque option disponible.

Dans ces modèles, le rôle d'un attribut est fonction de la distribution de ses valeurs au sein de tous les chemins disponibles pour chaque trajet et non plus pour l'ensemble des individus considérés. En effet, étant donné que tous les individus ne disposent pas des mêmes ensembles de choix, un modèle agrégé ne peut être pertinent. A ce sujet, la figure 47 présente un cas exemplaire. Trois trajets sont présentés ici avec un nombre de plus courts chemins potentiels différents ; l'itinéraire effectivement choisi est figuré en gras dans le tableau. Si l'on considère l'ensemble des plus courts chemins sans distinction entre individus, la classe *arbres* de notre nomenclature semble devoir jouer un rôle dans les choix d'itinéraires. Mais en distinguant chaque plus court chemin, on remarque aisément que cela n'est pas le cas. Aucun des trois individus considérés ici n'a de choix à effectuer puisque les arbres sont répartis de manière homogène pour chaque contexte de choix. Logiquement, la classe arbre ne sera pas considérée comme significative dans le modèle désagrégé alors qu'elle pourra l'être dans le modèle agrégé.

Approche agrégée
modèles de prévision

Application du modèle pour l'ensemble des trajets sans distinction

Trajets	Plus courts chemins	pris / pas pris	Classe paysagère "arbres"
1	**1**	**1**	**70**
1	2	0	70
2	1	0	10
2	2	0	10
2	3	0	10
2	4	0	10
2	**5**	**1**	**10**
2	6	0	10
2	7	0	10
2	8	0	10
3	1	0	90
3	2	0	90
3	**3**	**1**	**90**

Approche désagrégée
modèles comportementaux

Application du modèle pour chaque trajet considéré

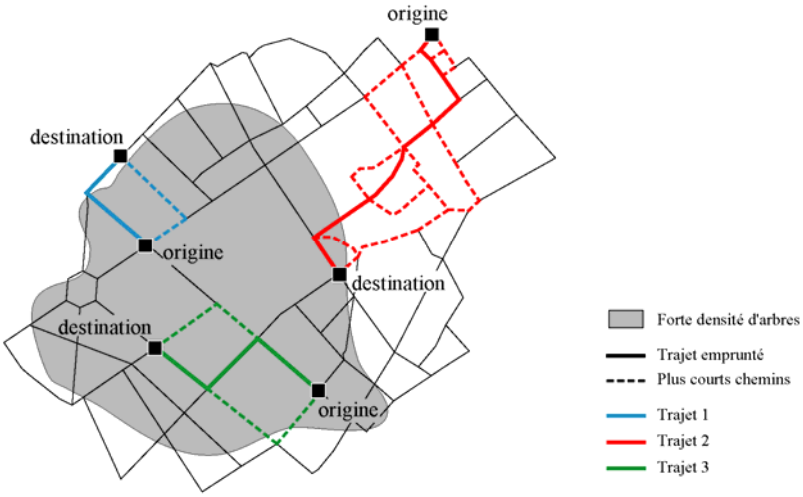


Figure 47 : L'intérêt de l'approche désagrégée

Plus précis, ces modèles font l'objet de nombreux travaux. Le logit multinomial est l'un des plus utilisés ; il a été formalisé par D. McFadden et s'est enrichi des contributions notoires de M. Ben Akiva et S. Lerman (1985). Ce modèle est dérivé de la théorie du consommateur dans laquelle chaque individu est supposé agir de manière à maximiser son utilité, en fonction des options de choix dont il dispose. Il prend donc en compte l'alternative choisie mais aussi toutes celles refusées par chaque individu, ce qui permet d'analyser le choix en fonction du contexte et donne ainsi accès à une exploitation efficace des données à l'échelle désagrégée. Utilisé à des fins spatiales, le modèle logit multinomial permet de déterminer l'influence d'un attribut donné d'un lieu sur les dynamiques spatiales qui lui sont associées. Plus généralement, il permet de mesurer le rôle des variables testées ; le modèle logit est donc souvent utilisé dans un but explicatif (Durand-Dastès, 2001).

Dans un premier temps, il ne fut utilisé que pour modéliser des choix modaux. Mais il est désormais appliqué aux choix d'itinéraires et fait l'objet de tentatives de raffinements toujours plus poussées permettant de pénétrer au cœur des questionnements et des choix individuels (par exemple Sørensen, 2003 ; Antille, 2002 ; Bierlaire, 2001 ; Ben-Akiva et Bierlaire, 1999 ; Gil-Molto et Hole, 2004). Appliqués à la marche à pied, ces modèles dérivés du logit multinomial se révèlent très performants et aident à cerner les attitudes des piétons. Tout le problème est d'utiliser le modèle approprié à la situation observée. Or, choisir un modèle implique des hypothèses fortes. Ces hypothèses portent sur l'individu, sur le choix des alternatives, sur les attributs pris en compte et sur les règles de décision. En somme, elles renvoient aux questionnements sur la manière de modéliser les comportements humains et plus spécifiquement aux oppositions entre économistes et psychologues.

Pour être complet, on signalera que d'autres recherches tentent de reproduire les comportements des piétons par l'intermédiaire d'une description très précise de l'environnement[46]. Ces travaux utilisent des systèmes multi-agents mais sont appliqués à des échelles très fines (Haklay *et al.*, 2001 ; Kerridge *et al.*, 2001 ; Bazzani *et al.*, 2003) et ne nous concernent pas directement.

1.5. La voie de la programmation

Nous avons choisi d'explorer les comportements pédestres à l'aide de modèles de choix d'itinéraires. Rares sont les logiciels disponibles permettant de mettre en application ces modèles (Biogeme, Hielow…). Le logiciel Biogeme développé par le mathématicien M. Bierlaire est très complet et permet de mettre en œuvre un nombre conséquent de modèles de choix discret utilisant des règles comportementales très raffinées. Le module Bioroute est par ailleurs très utile pour les travaux sur les choix d'itinéraires. Mais il ne s'agit pas d'un logiciel développé par des géographes et il ne permet pas toujours de prendre en compte la dimension spatiale de manière adéquate. Certaines applications spécifiques à notre travail n'étaient pas disponibles et la seule issue possible consistait à créer des programmes personnels adaptés à nos questionnements. Ceux-ci ont été réalisés à l'aide de Delphi 7.0[47] sous Windows. Ils ont

[46] - Modèles spatialement explicites.
[47] - Langage de programmation en Pascal.

nécessité une grande implication personnelle mais ont parallèlement permis de disposer d'une forte latitude pour la phase expérimentale d'analyse des déplacements pédestres.

2. Appréhender les comportements individuels

Travailler sur les choix d'itinéraires en liaison avec les paysages implique de réaliser un inventaire des travaux relatifs aux comportements individuels. Nous ferons donc un recensement rapide des approches qui traitent de la perception et des comportements humains. A cette fin diverses disciplines seront ici abordées.

2.1. Quelles stratégies de déplacement pour les piétons ?

Selon V. Kaufmann (2000), il faut distinguer "*la mobilité comme moyen nécessaire au déploiement d'activités*" de "*la mobilité comme finalité*" qui est celle de la promenade et qui implique un rapport particulier à l'espace. Entre ces deux extrêmes, certains comportements engendrent un détour et peuvent donc être assimilés à une consommation de l'espace. On peut, à ce titre, les considérer "*comme une revanche de la personne sur la marche métrique du temps*" ; "*c'est une perte de temps volontaire*" (Kaufmann, 2000) qui doit faire l'objet d'une attention particulière. En effet, si pour ses déplacements utilitaires le piéton privilégie le plus court chemin, il peut toutefois, pour améliorer sa sécurité, son confort ou les agréments de son trajet, consentir à l'allonger quelque peu (Héran, 2002). On peut rejoindre, avec ce concept, d'autres questionnements dans le domaine des transports comme le choix entre minimisation d'une distance et minimisation du coût financier (Haggett, 1973). Pour chaque piéton, le déplacement est donc un arbitrage entre l'optimisation de son temps et la volonté d'agrémenter son trajet, ce qui fait référence à la notion d'aménités. Ambivalent, le terme aménité recouvre les équipements collectifs urbains en général mais aussi les agréments d'une ville au sens qualitatif du terme[48] (Brunet *et al.*, 1993). Il correspond donc à tous les éléments susceptibles d'améliorer la perception du déplacement, y compris les paysages urbains.

Notre objectif est de mettre en évidence les préférences paysagères en analysant les choix d'itinéraires, fruit de l'expérience de l'individu relative à l'environnement urbain. Mais il n'est pas aisé de travailler sur le passage du paysage visible à son utilisation par chaque personne. Dans un premier temps, cela implique de se référer à la notion de distance car "*un trajet est un espace vécu ; le problème de la distance est le véritable révélateur des goûts, des habitudes, de la vie quotidienne. Le déplacement d'une personne repose sur une combinaison complexe de connaissances et de préférences individuelles*" (Paulet, 2002) qui conduisent à biaiser la perception du trajet.

Cette distance intervient dans la définition des stratégies de déplacement de chaque individu. Essentiellement liée, dans la pratique, à des mesures objectives comme la longueur ou le coût monétaire, elle est pourtant appréhendée de manière beaucoup plus riche par les individus.

[48] - Par exemple les parcs publics, les rues bordées d'arbres…

D'ailleurs, le renoncement au plus court chemin, tel que nous l'entendons, n'est pas toujours effectué volontairement. Distances sociales, distances psychologiques… transforment la distance réelle, forcément perçue de façon subjective, en distance cognitive. Cette dernière ne correspond qu'en partie à la distance objective (Huriot, 1998) et cartésienne des économistes. On passe ainsi "*d'une dimension mesurable de la proximité à des dimensions subjectives fortement marquées par les perceptions*" (Lévy *et al.*, 1998). Les distances perçues, individuelles ou collectives, complètent les distances physiques en les modifiant (Saint-Julien, 2000). C'est ainsi que les représentations, intimement liées au concept de distance s'immiscent dans le processus de choix d'itinéraires. Elles influencent le jugement porté sur les ambiances urbaines et peuvent en partie être liées aux préférences paysagères.

Certains géographes ont démontré que l'espace réel, qui est le même pour tous avant l'intervention des filtres individuels, est très différent de l'espace que chacun d'entre nous se représente (Cauvin, 1999 ; Frémont, 1976 ; Lynch, 1969). Pour comprendre l'action de la personnalité, il faut donc l'observer indirectement à partir des comportements. C'est ce que nous nous proposons d'appliquer à la mobilité pédestre : l'une des façons de révéler le lien qu'entretiennent les citadins avec les paysages urbains passe par un décryptage de leurs choix d'itinéraires. Cette démarche n'est en aucun cas atypique car elle permet d'analyser la pratique de la ville par les citadins en détectant les espaces fonctionnels sélectionnés au sein de l'espace réel (Cauvin, 1999). En somme, c'est une manière de découvrir les "*significations que l'être humain crée au contact du monde*" (Bruner, 1991), ce qui constitue l'un des fondements de la cognition spatiale (Cauvin *et al.*, 1998).

Nous considérerons donc le choix du piéton comme un arbitrage entre minimisation du temps de parcours et agrémentation paysagère du trajet. Cet arbitrage recouvre la notion essentielle de prise de décision qu'il est nécessaire de décrire.

2.2. La prise de décision, entre préférences et attitudes

Le processus de choix intéresse de nombreuses disciplines mais les formalismes les plus usités sont dus aux économistes et aux psychologues. En économie, on modélise les choix d'un individu rationnel en fonction de ses préférences alors qu'en psychologie on travaille davantage sur la manière dont les préférences apparaissent ; on parle alors de comportements, d'attitudes, de contextes de choix. Cette opposition a inspiré à D. Kahneman (1998, cité par McFadden, 2000) ce célèbre constat : "*les économistes ont les préférences ; les psychologues ont les attitudes*". Sur la figure 48, D. McFadden (2000) s'inspire des travaux de M. Ben Akiva pour décrire le processus de choix des individus tel qu'il est utilisé par les économistes et les psychologues. On voit nettement apparaître les différences entre ces deux disciplines.

Pour les économistes, l'individu est complètement objectif et les éléments subjectifs pouvant intervenir dans le processus de choix ne sont pas pris en compte ; l'individu maximise son utilité en fonction des informations dont il dispose sur chaque alternative. L'apport des psychologues repose sur l'ajout des notions de motivations et d'attitudes qui influencent l'établissement des préférences et le processus de choix. Les comportements sont ainsi

considérés comme plus adaptables et dépendants du contexte de choix. Par ailleurs, la manière de considérer l'ensemble de choix change et les contraintes ne s'appliquent plus uniquement sur la base des variables temporelles et monétaires. Beaucoup moins linéaires, les règles de décisions gagnent en cohérence et en crédibilité ce qu'elles perdent en simplicité.

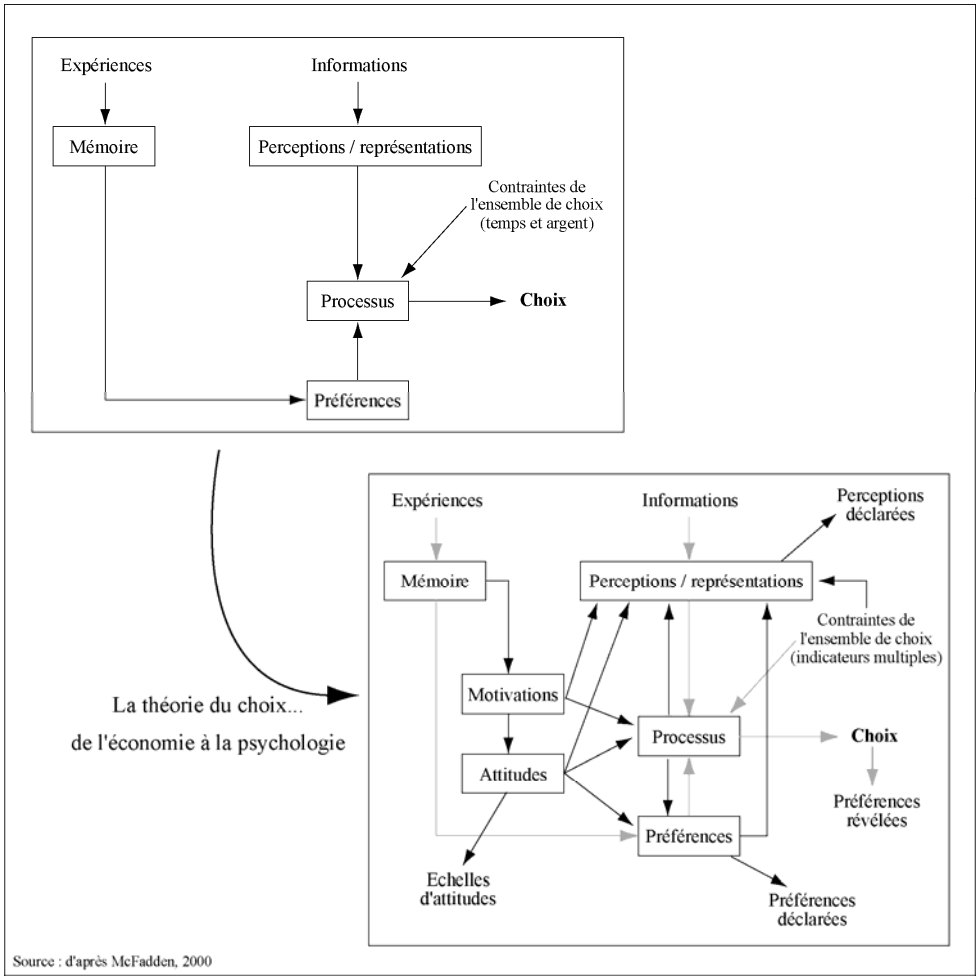


Figure 48 : La décision, des fondements économiques aux prolongements psychologiques

Pour étudier les processus de choix, les économistes ont longtemps eu recours à la technique des préférences révélées qui passe par des enquêtes de terrain. L'hypothèse principale de cette méthode, souvent critiquée, postule que les comportements observés sont de bons révélateurs des préférences des individus[49]. Mais cette méthode impose souvent de formuler des hypothèses en amont, qui peuvent s'avérer restrictives. En complément, les personnes sont parfois interrogées sur les déterminants de leurs choix car on suppose qu'elles sont capables de démêler l'écheveau du processus de décision. En croisant ces deux sources d'informations, le chercheur peut alors fixer le cadre conceptuel du choix pour un problème donné et prédire les comportements futurs en extrapolant les résultats obtenus. Une autre méthode, dite des

[49] - Les enquêtes ménages déplacements, le fichier Mirabel, les comptages de véhicules… font, par exemple, partie des enquêtes de préférences révélées.

préférence déclarées, consiste à interroger les enquêtés en amont des choix effectués, dans des contextes de choix "virtuels" non encore éprouvés. Il faut pour cela élaborer des scénarios sur lesquels devront se prononcer les individus. La technique des préférences déclarées est issue de la recherche en marketing elle-même très influencée par les travaux des psychologues. Ces méthodes, plus riches, offrent a priori davantage de certitudes pour la définition des comportements. Toutefois, le décalage fréquemment observé entre les comportements déclarés et réellement observés démontre que cette technique n'est pas infaillible. Sans même parler de paysages, les personnes ne sont pas toujours capables d'analyser objectivement et de manière fiable les raisons de leurs choix (Moessinger, 1996). R. Golledge (1999) l'a démontré au sujet des choix d'itinéraires en comparant les déclarations de personnes enquêtées et ce que leurs trajets révélaient. L'individu n'a, en effet, pas toujours conscience des critères qui motivent ses choix ni de leur rôle respectif (Costermans, 2001) et l'on ne peut espérer recueillir des discours complètement objectifs de la part des personnes interrogées (Loiseau *et al.*, 1993).

Les deux méthodes sont donc valides pour peu qu'elles soient employées à bon escient, en fonction du problème étudié et des impératifs fixés. Or, comme nous l'avons déjà mentionné, l'existence même de paysages en ville est souvent remise en cause et les citadins n'ont pas forcément conscience du rôle que les stimuli visuels peuvent avoir sur leurs choix d'itinéraires. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'une méthode basée sur les préférences déclarées s'avérait malaisée même si certaines expériences approchantes ont démontré qu'il était possible d'étudier les préférences paysagères sur la base d'intentions de choix (Zacharias, 2005). L'analyse des paysages par la méthode des préférences révélées n'est pas non plus exempte de critiques mais elle est la plus satisfaisante d'un point de vue méthodologique. Cette technique de reconnaissance indirecte des paysages valorisés qui consiste à analyser les choix d'itinéraires en fonction des paysages des tronçons de rues, sans avoir recours à des appréciations émises par les piétons, nous semble plus objective et plus sûre.

2.3. Une remise en cause du contenu classique de l'utilité

Au cours de la démarche de modélisation, les hypothèses sont testées par l'introduction de variables. Ces variables sont censées définir l'utilité de l'individu selon les restrictions voulues par le modélisateur. Or, dans le domaine de la mobilité, ce sont souvent des attributs portant sur les individus qui sont généralement retenus alors que l'environnement spatial est plus rarement pris en compte. Quant aux variables qualitatives comme les paysages, elles n'ont pour ainsi dire pas droit de cité. Il faut dire que la modélisation de la mobilité est assez largement dominée par les économistes et que les géographes ont rarement fait valoir le rôle du territoire comme variable explicative potentielle. Pourtant, les comportements des individus ne sont pas uniquement réductibles au formalisme de l'*homo economicus* et l'individu mobile est certes un agent dans un espace économétrique mais c'est aussi un acteur dans un espace territorial (Petit, 2003).

Bien entendu, il est impossible d'intégrer dans un modèle tous les facteurs à l'origine d'une situation observée. D'une part, parce qu'il est compliqué de recenser toutes les variables potentielles. D'autre part parce que l'on souhaite privilégier l'étude de certains attributs au

détriment d'autres. Ces situations n'ont rien de choquantes car elles correspondent à l'essence même de la modélisation. Malheureusement, ce sont souvent les mêmes variables qui sont utilisées pour modéliser un thème particulier et certaines hypothèses pourtant reconnues sont volontairement laissées de côté. Dans les systèmes de prévision de trafic, la prise de décision des individus est toujours définie selon les règles de l'utilité économique et l'environnement perçu, à la base des choix d'itinéraires est réduit à sa plus simple expression (Bazzan *et al.*, 1999). V. Kaufmann (2000) est un ardent adversaire de l'utilité économique. Il conteste, sur la base d'enquêtes, le concept de rationalité dans son acception économique en démontrant que, dans le cadre du choix modal, le *rational choice*, basé sur l'utilité économique, n'est pas parfaitement lié à des aspects financiers ou au temps de déplacement. Cela indique que d'autres voies sont à explorer et qu'il faut dépasser la rationalité telle que l'ont définie les économistes. A ce sujet, cet auteur rappelle notamment qu'une "*rationalité en valeur*" liée aux représentations individuelles, serait moins restrictive et plus pertinente car susceptible d'intégrer d'autres types de préférences dans les "*logiques d'action individuelles*". Cette forme de rationalité est, en effet, plus générale que la rationalité économique.

Un questionnement sur la définition de l'utilité semble donc souhaitable car le manque de rationalité des comportements pédestres parfois relevé n'est qu'apparent et il cache plutôt une "*interaction complexe d'éléments appréciés et réappréciés à chaque instant, en fonction de multiples critères*" (Moles et Rohmer, 1982), que les modélisateurs n'identifient que partiellement (Julien et Carré, 2003). Par conséquent, c'est grâce à l'élargissement de la fonction d'utilité, impliquant le renoncement à un individu stéréotypé dont le comportement est simplifié à l'extrême, que l'on pourra simuler des piétons plus réalistes. En effet, les individus ne vivent pas dans un milieu aseptisé où les relations perceptives à l'environnement seraient neutres. E. Schrodinger (cité par Paulet, 2002) regrette que "*que le monde objectivé par la science […] est étroit, exsangue, spectral. […] En aucune manière des significations, des valeurs, de belles choses, des appréciations ne sauraient s'y révéler*". De la même façon, J. P. Péneau (2000) dénonce l'insuffisante prise en compte des éléments qualitatifs dans les analyses urbaines, malgré certains travaux pionniers.

Insérer dans la partie déterministe de l'utilité des données paysagères permettra de tester d'autres types de préférences individuelles, comme le suggèrent, sans toutefois le tester, Joerin *et al.* (2001) au sujet des déplacements automobiles. Naturellement, comme toute tentative de modélisation, ce critère paysager peut être sujet à caution et l'on pourra nous objecter l'oubli d'autres variables importantes. A ce titre, la liste des critères censés influencer les choix d'itinéraires établie par R. Golledge (tableau 9) montre la richesse potentielle des informations utilisables. Ce choix, évidemment arbitraire, est lié à la volonté de mettre en avant un thème peu étudié.

▪ **Critères généraux**
- Minimisation de la longueur de l'itinéraire
- Minimisation du nombre de changements de direction
- Minimisation du nombre d'obstacles
- Minimisation des externalités négatives (bruit, pollution…)
- Minimisation des détours
- Minimisation des efforts
- Minimisation du coût réel ou perçu
- Minimisation du nombre de tronçons
- Minimisation du nombre de tronçons incurvés
- Minimisation de la dangerosité (en terme d'accidents)
- Maximisation de l'esthétique du trajet
- Routes les moins empruntées par les poids lourds
- Recherche de variété
▪ **Critères plus spécifiques aux modes motorisés**
- Minimisation du nombre de feux rouges
- Minimisation du nombre de modes de transport utilisés
- Minimisation des embouteillages
- Trajet le plus rapide
- Trajet le moins contrôlé par les autorités

Tableau 9 : Exemple de critères de choix de route (Golledge, 1999)

2.4. Du déterminisme au probabilisme

Outre la définition des attributs intervenant dans le calcul de l'utilité, la différence entre économistes et psychologues repose aussi sur la manière d'appréhender les individus. Les premiers[50] considèrent que les individus sont déterministes et qu'ils recensent et classent toutes les alternatives potentielles pour choisir celle qui présente l'utilité maximum ; l'utilité est alors complètement déterminée par les variables du modèle. Dans ce cas, les choix peuvent être entièrement expliqués et toute incohérence relevée ne témoigne que des insuffisances du modélisateur qui n'a pas spécifié une fonction d'utilité suffisamment performante et complète. Mais ces modèles déterministes ont montré certaines limites, même en intégrant de très nombreuses variables dans les fonctions d'utilité, démarche qui est de toute façon inappropriée (de Palma et Thisse, 1987). Cela s'explique par le fait que les comportements sont parfois incohérents et variables dans le temps. Surtout, l'*homo economicus* surestime l'homme "réel" en postulant que ses connaissances sont complètes et qu'il est capable d'évaluer parfaitement les options de choix et les conséquences de ses actes. Les modèles déterministes ou de choix rationnels, largement dominant dans le domaine des transports, ont donc tendance à trop simplifier les comportements humains. Prenons pour exemple la notion de transitivité qui est essentielle dans ces modèles : si A est préféré à B et B est préféré à C, alors A est nécessairement préféré à C. Cette hypothèse est remise en cause, a fortiori lorsque les alternatives A, B et C sont caractérisées selon plusieurs dimensions et que le choix devient plus compliqué. Outre la transitivité, on peut de la même façon prendre une à une les caractéristiques de l'*homo economicus* pour démontrer la fragilité des hypothèses

[50] - Les économistes néoclassiques qui ont fondé la théorie micro-économique du choix du consommateur.

néoclassiques : (i) les individus ne sont pas consistants car dans une même situation, ils ne feront pas toujours le même choix ; (ii) ils ne réagissent pas instantanément et rationnellement à une modification des caractéristiques d'une ou plusieurs alternatives ; (iii) les "consommateurs" ne sont pas parfaitement informés c'est-à-dire qu'ils ne connaissent ni l'ensemble des options disponibles, ni la totalité des caractéristiques de ces options.

C'est pourquoi les psychologues ont posé l'hypothèse que les individus sont probabilistes et que les choix comportent un aléa. Les économistes ont fini par intégrer cette notion d'aléa et les modèles de choix discrets comportent désormais une partie probabiliste. Les choix attendus et modélisés sont donc évalués en fonction d'une probabilité de réalisation qui est ensuite confrontée aux choix réellement effectués.

Or, pour introduire cet aléa et renoncer ainsi à l'*homo economicus* par nature déterministe, deux familles de modèles probabilistes sont utilisées. Dans la première (RUM[51]), les règles de décision sont déterministes et l'utilité aléatoire, comme c'est le cas dans le logit multinomial de D. McFadden. Schématiquement, on pourra dire que cette famille est héritière des modèles déterministes des économistes puisqu'un terme aléatoire a été greffé au terme déterministe déjà présent dans la fonction d'utilité. Cette partie aléatoire de l'utilité, introduite par Mansky (1977), représente les erreurs du modèle imputables à divers facteurs telles que les caractéristiques inobservables entrant dans le processus de choix ou les variations des utilités entre les individus dans un contexte de choix identique. Dans la seconde famille (RDRM[52]), les règles de décisions sont aléatoires et l'utilité déterministe (modèles des psychologues Luce, Tversky). Au sein de cette famille, on pourra encore distinguer deux catégories. Les modèles "procéduraux", comme le modèle de Tversky, qui spécifient une règle de décision a priori amenant au calcul de probabilité et les modèles "substantiels", comme le modèle de Luce, qui fonctionnent sans fixer de procédure de décision (Simon, 1976). On le voit, cette classification tend à distinguer les modèles d'inspiration psychologique qui travaillent réellement sur les règles de choix des individus en intégrant les phénomènes cognitifs, à la différence des modèles économétriques qui ne travaillent que sur les résultats des choix et les probabilités qui leurs sont associées. Or, les phénomènes cognitifs tendent à engendrer des comportements aléatoires liés par exemple à des erreurs d'appréciations des individus ou à une relative indétermination de leurs préférences, ce qui semble plus en adéquation avec les travaux des psychologues.

Les modèles créés par les psychologues semblent davantage satisfaisants car ils reproduisent plus finement les comportements. Les économistes par la voix de l'un des plus illustres d'entre eux, D. McFadden (1999, 2000), reconnaissent que les opinions influencent fortement la prise de décision. Pourtant, les modèles économiques continuent à être très utilisés car leur efficacité n'est pas fondamentalement remise en cause ; sans être aussi précis que les formalismes des psychologues, ils restent valides dans la plupart des problèmes de choix traités. On remarquera simplement qu'ils gagneraient à intégrer plus systématiquement les travaux sur la psychologie du choix, spécialement dans cadre des analyses portant sur les déplacements.

[51] - Random utility maximisation dont M. Ben-Akiva et D. McFadden sont les principaux instigateurs.
[52] - Random decision rule model.

2.5. Quelques prolongements théoriques en psychologie

Il nous semble indispensable de compléter cette description des comportements individuels en abordant quelques concepts clé développés par les psychologues. Jugeant les modèles économétriques trop réducteurs, ils proposent des prolongements indispensables. En effet, pour schématiser à l'extrême, on affirmera que l'on pourrait se passer des théories des psychologues si les choix auxquels les individus sont soumis étaient toujours de cet ordre : "Préféreriez-vous acheter un objet de mauvaise qualité et cher ou un bel objet à un prix abordable ?" Pour tout le reste et donc pour la quasi-totalité des contextes de choix que les chercheurs sont appelés à étudier, les apports de la psychologie sont essentiels.

Les psychologues étudient les réponses et donc les préférences des individus dans un ensemble de choix à partir des attributs des options potentielles. Ce faisant, ils cherchent à expliquer les agissements des individus. Mais les différentes techniques employées et les hypothèses qui les sous-tendent ont donné naissance à plusieurs courants. Pour le courant behavioriste, défini comme la science du comportement, l'objet d'étude est le type de réponse de l'individu en fonction des stimuli produits (figure 49). En ce sens, le behaviorisme est à rapprocher de la physiologie et est donc foncièrement critiquable ; il n'y a pas de place pour la subjectivité, tout comportement est mécanique. Dans ce cas, cela revient à considérer que "*l'organisme est passif, puisqu'il se borne à exécuter ce qui lui est prescrit par le lieu de l'excitation*" (Merleau-Ponty, 1942). Dès les années 60, le courant béhavioriste a été vivement critiqué et, au final, délaissé. Néanmoins, le behaviorisme a influencé l'économie néo-classique au point que l'on est en droit de se demander si la définition déterministe de l'utilité n'est pas une sorte de reliquat de ce courant psychologique abandonné par les psychologues eux-mêmes.

Le cognitivisme, ou psychologie des conduites, permet d'étudier le lien entre le stimulus et la réponse. Il suppose, à la différence du béhaviorisme, que le comportement n'est pas uniquement dépendant de ce stimulus ; les connaissances issues d'expériences antérieures, stockées et transformées, influencent aussi les pratiques de chaque individu (figure 49). Une approche systémique se substitue à la relation linéaire du behaviorisme[53] ; le comportement est la conséquence d'un ensemble de déterminants en interaction (Mariné et Escribe, 1998). C'est cette définition plus complexe des comportements qui est aujourd'hui utilisée et qui remet en cause la fonction de rationalisation des choix issue des modèles de choix discrets.

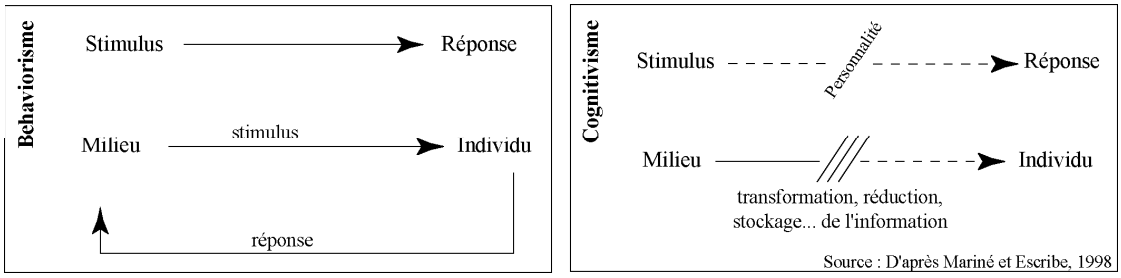


Figure 49 : Schématisation des courants béhavioristes et cognitivistes

[53] - Ce que nous avons déjà pu observer dans la figure 48.

En effet, les préférences peuvent s'exprimer selon des règles plus riches (que le oui-non) qui conduisent à des modélisations différentes. On citera, par exemple, la modélisation floue (Frankhauser *et al.*, 1998), la modélisation de situations d'hésitation, la modélisation des préférences selon des niveaux d'intensité variables ou la modélisation des préférences en fonction d'informations contradictoires. Plutôt que nous livrer à une longue description de ces modèles, nous décrirons deux exemples concrets, particulièrement illustratifs, proposés par A. Tversky et I. Simonson (1993). Evidemment, ils ne résument pas tous les champs d'investigation actuels mais ils démontrent l'intérêt des réflexions sur la prise en compte du contexte de choix.

Basés sur des enquêtes par préférences déclarées, ils prouvent que les critères de comparaison des individus sont dépendants du contexte de choix auquel ils sont soumis[54].

Le **premier exemple** démontre que les décisions précédemment effectuées par les individus, dans un contexte plus ou moins similaire, influencent grandement les attitudes lorsqu'un nouveau choix se présente (encart 4). Ainsi, les individus agissent en fonction de leurs expériences passées. L'utilité des alternatives présentes est en définitive appréhendée en fonction de la similarité entre le problème actuel et le problème passé, déjà traité. C'est en fonction de ce choix passé et des résultats qu'il a généré que le problème présent sera résolu ; le raisonnement se fait par induction et l'on parle de *case-based decision theory*. Ce type de processus peut expliquer qu'un individu choisira une alternative similaire à une plus ancienne, qui lui avait donné satisfaction par le passé. Dans ce cas, l'individu peut avoir tendance à ne pas tenir compte de toutes les alternatives du choix présent. La rationalité n'est alors plus "optimale" mais "relative" voire incomplète. Très généralement, on pourra rapprocher ce concept de l'habitus de Bourdieu qui, "*intégrant toutes les expériences passées, fonctionne à chaque moment comme une matrice de perceptions, d'appréciations et d'actions*" (cité par Roncayolo, 1996).

On propose à deux groupes différents d'acheter des pneus à un prix et pour un niveau de garantie variables. Le groupe 1 bénéficie d'une offre (2) a priori très avantageuse (20 000 km gagnés pour seulement 6 dollars) ; d'ailleurs, les choix s'orientent en majorité vers cette option. Le groupe 2 peut augmenter la garantie de 5 000 km mais en payant 24 dollars de plus. Logiquement, l'offre la moins chère (1) est plébiscitée. Les deux groupes se voient ensuite proposer une offre commune dans laquelle il faut payer 15 dollars de plus pour gagner 10 000 km, ce que le groupe 2 consent à faire plus facilement étant donné le choix auquel il a été soumis précédemment.

	Offre 1	**Offre 2**
Groupe 1	**55 000 km/85 $**	**75 000 km/91 $**
	12 %	88 %
Groupe 2	**30 000 km/25 $**	**35 000 km/49 $**
	84 %	16 %
	40 000 km/60 $	**50 000 km/75 $**
Groupe 1	57 %	43 %
Groupe 2	33 %	67 %

Encart 4 : L'influence des choix passés

[54] - Context-dependent preferences.

Concrètement, pour mettre en relation l'influence d'un choix passé sur une décision, il faut utiliser un opérateur de similarité dont le but est d'établir les ressemblances qui existent entre les caractéristiques des deux temps de choix. Cet opérateur peut recouvrir de nombreuses formes car la notion de similarité reste sujette à questionnements et les travaux des psychologues tentent encore de mettre au jour son fonctionnement précis. Les pistes de recherche explorées actuellement portent sur l'ancienneté du problème passé, le nombre de fois où il a été rencontré, l'émotion liée à ce problème (par exemple un cas rencontré une fois mais valorisé subjectivement)… autant de facteurs qui conduisent à une prise en compte partielle, tronquée, des expériences passées dans l'évaluation d'un problème présent. Malheureusement, il est difficile d'intégrer les choix passés dans des modèles de choix d'itinéraires car il faudrait pour cela pouvoir les recenser. Si d'un point de vue expérimental, l'influence des choix précédents est prouvée, son application reste problématique.

Le **second exemple** traite du contexte de choix qui est défini par le nombre et l'utilité de chaque alternative et influence les prises de décision (encart 5). En économie, lorsqu'une alternative n'est pas préférée dans un contexte de choix donné, elle ne peut l'être si l'on modifie ce contexte. Par exemple, si l'on considère l'ensemble de choix {x, y} dans lequel l'alternative x est préférée à y, alors y ne sera jamais choisi, même si l'ensemble de choix est modifié par l'adjonction de nouvelles variables. En psychologie, il n'y a pas de préférences globales et figées ; chaque contexte engendre des différences dans l'évaluation des alternatives et dans le choix de l'option la plus attractive.

Un premier groupe (groupe A) se voit proposer un choix entre un *stylo élégant* et une somme d'argent de *6 dollars*, inférieure à la valeur du stylo. Le choix n'est pas cohérent puisque 64 % des enquêtés choisissent les *6 dollars* mais nous ne nous arrêterons pas sur les questions que cela soulève. Un deuxième groupe (groupe B) est testé dans un ensemble de choix à trois options puisqu'un *stylo moyenne gamme* mais d'une valeur supérieure aux *6 dollars* a été ajouté. La seule présence de ce stylo "inférieur" contribue à engendrer un report des choix de *6 dollars* vers le *stylo élégant* de l'ordre de 10 %. Il semble évident que le *stylo élégant* est valorisé par l'adjonction d'un *stylo* de qualité moindre et que le choix quasi binaire qui s'instaure lui est plus favorable.

	Offre 1	**Offre 2**	**Offre 3**
	avec, en théorie, offre 1 > offre 2 > offre 3		
Groupe A	**Stylo élégant**		**6 $**
	36 %		64 %
Groupe B	**Stylo élégant**	**Stylo**	**6 $**
	46 %	2 %	52 %

Encart 5 : L'influence du contexte de choix

Pour prendre connaissance d'autres types d'expériences et dles théories qui leurs sont associées, on consultera par exemple le livre de D. Kahneman et A. Tversky (2000). En multipliant les expérimentations, ils prouvent que les modèles de choix discrets tels qu'ils ont été conçus par les économistes sont en partie invalides. Ils mettent à jour de nouvelles théories sur les processus de choix et les formalisent afin de les intégrer aux modèles classiques. Les apports de ces deux pionniers ont tardé à être intégrés par les économistes pour lesquels le

principe de modélisation, et donc de simplification du monde réel, ne pouvait s'encombrer de théories trop précises. Mais les mentalités changent et le prix Nobel d'économie obtenu par ces psychologues constitue, à ce titre, un symbole fort.

Il reste toutefois une marche à franchir, sans doute la plus élevée : celle de l'application généralisée de ces théories dans la recherche opérationnelle. Or, il semble pour le moment que ces apports n'aient pas trouvé l'écho attendu et mérité : la théorie de l'*homo economicus* reste prépondérante dans la modélisation des déplacements. Pour notre part, nous proposerons dans la partie suivante une application basée sur les conclusions formulées par Tversky et Simonson (1993).

Conclusion

En s'engageant sur la voie de la modélisation des comportements, on tombe immanquablement dans le débat, riche et fécond, où se confrontent économistes et psychologues. Les termes de ce débat traduisent, à eux seul, toute l'ambiguïté des travaux visant à décrypter la relation que les individus entretiennent avec leur environnement. L'intérêt principal de l'approche économique réside dans son pouvoir prédictif. A partir d'attributs donnés, on pourra prédire les comportements des individus. Mais cette qualité apparente cache un biais important puisqu'elle est nécessairement réductrice. L'approche psychologique, attitudinale, présente l'avantage de mettre en évidence la richesse et la complexité des processus de décision. Selon l'effet inverse, les restrictions de l'*homo economicus* sont gommées mais la prédiction est moins aisée, les résultats sont moins facilement interprétables.

L'apport de la géographie semble essentiel lorsque les comportements traitent de problèmes spatiaux, comme c'est le cas des modèles de choix d'itinéraires. Nous rejoignons à ce titre l'observation pourtant ancienne, formulée qui plus est par un non géographe, selon laquelle chaque attribut "*agit beaucoup moins par ses propriétés élémentaires que par sa distribution spatiale, son rythme ou le rythme de ses intensités*" (Merleau-Ponty, 1942)… Pour la mise en évidence du rôle des attributs paysagers recensés, nous appliquerons principalement des modèles de choix discrets issus de l'économie mais nous testerons également un formalisme psychologique.

Conclusion de la deuxième partie

Dans cette partie, nous n'avons pas souhaité décrire précisément notre méthode ; l'objectif était plutôt de situer très globalement notre démarche au sein du champ de recherche, riche et ancien, qui porte sur les processus de choix. Ce positionnement nous paraissait indispensable pour la bonne compréhension des analyses développées dans la troisième partie. Par ailleurs, nous avons volontairement laissé de côté certaines thématiques ayant trait aux piétons comme les modèles de risque liés à la mobilité motorisée (Lassarre, 2000 ; World Health Organization, 2006).

L'étude désagrégée des choix d'itinéraires en fonction des paysages nécessite d'aborder la notion de prise de décision. Les modèles de choix discrets, à l'origine développés par les économistes, se sont enrichis des apports de la psychologie. Dans ce qu'il convient d'appeler dès lors des modèles comportementaux, le "comment ?" est devenu prépondérant et précède le "pourquoi ?". Cet enrichissement de l'objectif de recherche est primordial et correspond parfaitement aux objectifs que nous nous sommes fixés.

La différenciation entre modèles de prévision et modèles comportementaux ne présume en rien des capacités des modèles ; elle découle plutôt des objectifs pour lesquels ces modèles sont employés. Ainsi, on peut postuler qu'un modèle désagrégé sera toujours plus performant qu'un modèle agrégé en matière d'étude des choix effectués, mais son application est beaucoup plus compliquée dans un contexte opérationnel de prévision. Déjà appliqué dans le contexte des déplacements pédestres, il reste toutefois à le mettre en œuvre pour étudier plus précisément les processus d'appréhension de l'espace dans un environnement urbain familier

Les villes n'existent que par le prisme de la perception de leurs habitants (Lynch, 1969) ; l'espace est inégalement saisi, il y a des oublis, des déformations et le comportement rationnel prôné par les économistes n'est que partiellement valable. Plutôt que d'y voir un manque de rationalité, il faut reconsidérer les attributs intervenant dans la définition de l'utilité. Pourtant, si les questionnements s'élargissent, ils laissent encore de côté certaines thématiques. En effet, l'incidence du paysage visible dans les choix d'itinéraires pédestres demeure peu testé, malgré quelques exceptions notables (Shriver, 1997 ; Zachariadis, 2005 ; Zacharias, 2005). La géographie a les moyens de développer les approches spatiales et d'établir un lien entre les

comportements individuels et ce thème paysager. C'est évidemment le chemin que nous choisissons de suivre dans la troisième partie.

Notre approche sera essentiellement descriptive puisque nous chercherons à décrire les choix relevés lors de l'enquête marche à pied en employant des modèles aptes à reproduire les préférences des piétons. Bien entendu, le paysage n'est jamais le facteur déterminant, que ce soit pour le choix du mode de transport ou pour les choix d'itinéraires en marche à pied. Mais il ne peut non plus être réduit au rôle insignifiant dans lequel on l'a si longtemps enfermé. Il intervient, par le prisme de la perception, dans le choix du type de mobilité et, au-delà, dans les choix d'itinéraires.

C'est donc avec une réelle ambition que nous nous engageons sur la voie de la modélisation des comportements pédestres. Tout juste sommes nous tempérés par K. Clifton et S. Handy (2001) qui rappellent que la complexité des comportements de mobilité reste source d'interrogations… plus nous comprenons les comportements de déplacements, plus nous devons reconnaître qu'il reste nombre de questions sans réponse. Mais ce constat n'est en rien restrictif et incite plutôt à mettre au jour de nouveaux facteurs explicatifs des comportements pédestres observés.

TROISIÈME PARTIE

MISE EN ŒUVRE EXPÉRIMENTALE : ANALYSE DU RÔLE DES PAYSAGES URBAINS DANS LES COMPORTEMENTS PÉDESTRES

Introduction de la troisième partie

La marche à pied est un mode de déplacement plus sensible au contexte spatial que les modes motorisés. C'est pourquoi nous avons avancé l'hypothèse que les ambiances visuelles occupent une place non négligeable dans les choix d'itinéraires. Dans cette partie, nous tenterons d'explorer, selon diverses méthodes, le rôle des paysages urbains car les travaux traitant de cette thématique de recherche restent peu nombreux.

Chaque piéton réalisant un déplacement se trouve face à un ensemble de trajets disponibles qui, avant que ses choix n'interviennent, correspond à une somme de tronçons potentiellement accessibles (Augoyard, 1979). Ce sont ces choix qui sont susceptibles de révéler les préférences paysagères. Pour les analyser, nous employons plusieurs méthodes qui se basent toutes sur une hypothèse commune : les décisions des piétons sont dépendantes de plusieurs formes de rationalité qui se traduisent, concrètement, par un arbitrage entre minimisation du temps de parcours et préférences paysagères. A cet effet, nous définissons l'utilité des itinéraires en fonction de leur longueur et des paysages les composant ; tout renoncement au plus court chemin est assimilé à une perte de temps, volontaire ou non, d'un piéton qui cherche à agrémenter son trajet (Héran, 2002). Ainsi, nous considérons que la réaction des piétons aux paysages urbains induit des réponses individuelles sous la forme de choix d'itinéraires spécifiques. C'est à partir de l'accumulation de ces décisions individuelles que seront mis en évidence des choix communs, qui pourront révéler l'influence de certains éléments paysagers.

Le premier chapitre, consacré à une mise en application de la syntaxe spatiale, permet de confronter l'hypothèse de "mouvement naturel" à nos données. La syntaxe spatiale étant en partie basée sur des postulats visuels, nous verrons comment les variables paysagères peuvent compléter les indices syntaxiques de caractérisation du réseau.

Le deuxième chapitre donne lieu à la mise en œuvre de modèles de choix discrets d'itinéraires qui se révèlent très performants pour l'étude des déplacements pédestres. Deux méthodes principales de validation sont proposées. La première, qualifiée de spatiale, repose sur les flux relevés aux tronçons de rue ; la seconde, plus comportementale, permet de reproduire les trajets recensés.

Un nouveau formalisme, emprunté aux psychologues, est proposé dans le troisième chapitre. Nous démontrons l'applicabilité de ce modèle basé sur la prise en compte du contexte local de choix. Pour cela, les attributs des itinéraires sont comparés de manière relative.

Enfin, le dernier chapitre nous permet de proposer une nouvelle manière d'appréhender les choix d'itinéraires par la technique des plus courts chemins progressifs. Les choix sont abordés de façon ponctuelle et non plus globale, ce qui nous permet de tester de nouvelles hypothèses sur les comportements pédestres.

Chapitre 1

Travail expérimental sur le "mouvement naturel" des piétons : application de la syntaxe spatiale

La redéfinition de la notion de proximité par la syntaxe spatiale permet de travailler sur un espace urbain défini selon les règles du "mouvement naturel". Cette notion est en partie basée sur des critères de visibilité et l'intégration des paysages s'avère, dans ce contexte, justifiée. La syntaxe spatiale est une méthode d'analyse agrégée. En effet, charges théoriques et charges relevées sont directement comparées, sans tenir compte de la localisation des domiciles et des générateurs de déplacements. Les contextes de choix des individus ne sont pas étudiés et la méthode est mise en œuvre dans une optique essentiellement prédictive. Connaissant les particularités du réseau, calculées selon les hypothèses de visibilité et agrémentés des variables paysagères issues du recensement paysager, on cherchera ici à reproduire les charges observées. L'utilisation simultanée du concept de mouvement naturel par le biais des perspectives visuelles et de la qualification paysagère des rues doit donc permettre d'expliquer la mobilité pédestre relevée lors de l'enquête marche à pied. Ce travail n'a été effectué qu'à Lille car le réseau viaire, assez rectiligne, s'y prête bien. Le calcul des lignes axiales à Besançon était peu pertinent du fait de la sinuosité du réseau. De nombreuses petites lignes axiales auraient émergé et, parallèlement, peu de grandes lignes axiales auraient été générées.

1. Fréquentation pédestre et charge théorique

Il est rare que les travaux sur la syntaxe spatiale utilisent des données sur les déplacements pédestres aussi précises que celles dont nous disposons. Généralement, la méthode

d'acquisition commune utilise la technique des portes, déjà décrite dans la partie précédente, et qui consiste à comptabiliser les piétons transitant sur un segment de rue ; pour une description précise, on pourra consulter l'article de J. Desyllas et E. Duxbury (2001).

Nous l'avons déjà dit, notre enquête "marche à pied" ne reproduit pas fidèlement la réalité des déplacements pédestres au sein de l'espace étudié. A priori, ce défaut pourrait poser problème dans le cadre d'une application de la syntaxe spatiale. Toutefois, les origines et destinations étant réparties de façon relativement homogène dans l'aire d'étude lilloise, il n'existe pas de restriction à la mise en œuvre d'une analyse basée sur les hypothèses syntaxiques. En effet, rappelons que, selon le précepte du mouvement naturel à la source du courant de recherche de la syntaxe spatiale, les déplacements sont davantage influencés par la structure du réseau que par la localisation des générateurs de déplacement qui sont considérés comme répartis, à peu de choses près, de manière régulière dans l'espace urbain (Hillier, 1996).

Pour chaque tronçon, la fréquence pédestre est calculée en comptabilisant le nombre de trajets qui l'empruntent. Cette variable est ensuite transformée en logarithme, pour diminuer les écarts de fréquence entre tronçons. Par ailleurs, les paysages ne sont pas dissociés en fonction du sens dans le cadre de cette analyse. Cela se justifie par le fait que l'on cherche avant tout à déterminer le rôle de la structure du réseau : ce n'est qu'en deuxième intention que les paysages sont testés. Ils sont donc associés aux tronçons des lignes axiales sans distinction de sens.

Le principe de la syntaxe spatiale repose sur l'estimation du mouvement naturel par la mesure de l'intégration. Cette mesure diffère des calculs habituellement utilisés dans les modèles de transport classiques. Une première différence concerne les objets spatiaux sur lesquels sont effectués les analyses. Ce n'est plus le graphe traditionnel[55] basé sur les intersections entre tronçons de rues qui est utilisé mais des lignes correspondant à plusieurs segments de rues liés par des relations d'intervisibilité et situés dans un même alignement. Ces perspectives sont des lignes axiales et deviennent l'objet élémentaire d'analyse. Alors que la modélisation du réseau sous forme de graphe se base sur l'hypothèse que chaque intersection entre tronçon est le lieu d'une prise de décision, l'axiome du mouvement naturel part du principe que le piéton n'effectue pas de choix d'itinéraire tant qu'il suit une ligne axiale[56]. L'ensemble de ces lignes axiales, considérées comme des sommets, et qui sont liées entre elles par des points de jonction (les arêtes), s'appelle une carte axiale. Sur la figure 50, la carte axiale lilloise comporte 1 750 lignes axiales.

[55] - Qui est utilisé dans la théorie des graphes.
[56] - Définie ici selon un angle maximum de 3°.

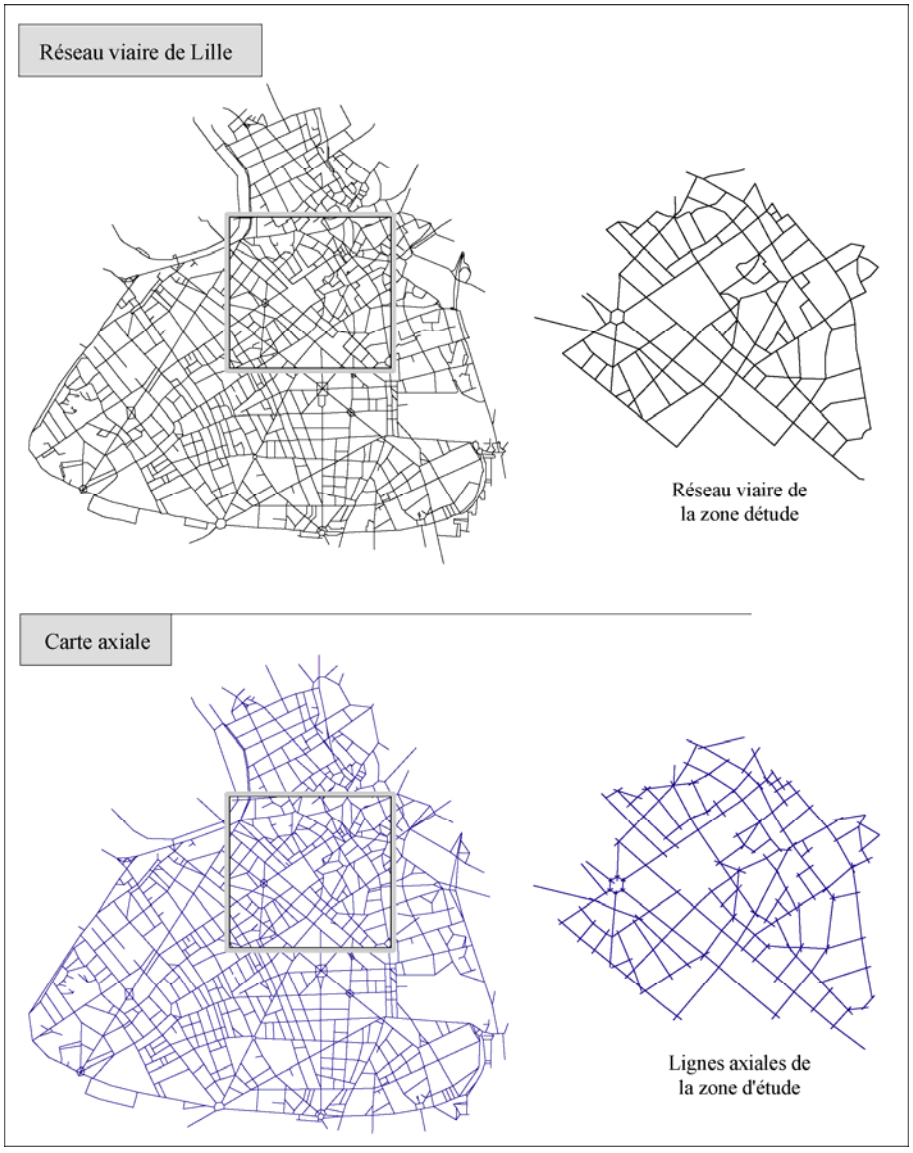


Figure 50 : Détermination des lignes axiales pour la ville de Lille

Sur la base des lignes axiales, les relations de proximité habituellement calculées sont bouleversées. Deux points de l'espace, pourtant très éloignés, peuvent être considérés comme proche s'ils appartiennent à une même ligne axiale. Comme en théorie des graphes, différents ordres de contiguïté peuvent être calculés ; ici, chaque ligne est séparée d'une autre par un certain degré topologique appelé profondeur. Du fait du fonctionnement particulier de la syntaxe spatiale, plus cette profondeur est élevée, plus la différence entre distance réseau et distance topologique augmentera. Des points très distants pourront ainsi être considérés comme proches d'un point de vue topologique.

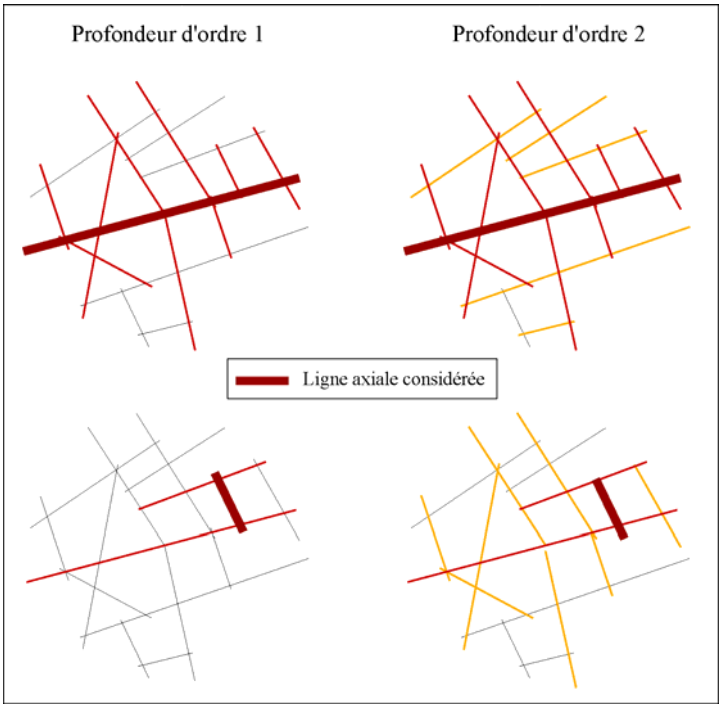


Figure 51 : Une nouvelle définition de la proximité

A partir de ce graphe, plusieurs critères d'accessibilité peuvent être calculés, l'indicateur le plus utilisé étant l'intégration, défini comme suit :

$$I_k = (m-2)/2(\widetilde{D}_k - 1)$$

où m est le nombre de lignes axiales et $\widetilde{D}_k$ est la moyenne des profondeurs entre la ligne k et les m-1 autres lignes. L'intégration calculée sur l'ensemble du graphe pour chaque ligne k est l'intégration globale. Pour le piéton, qui est limité par ses capacités de mouvement, l'indice d'intégration local est beaucoup plus approprié puisqu'il ne calcule les relations de proximité que pour des valeurs de profondeur n'excédant pas le seuil fixé par le modélisateur (figure 51).

Cet indice a été calculé à Lille pour des valeurs de profondeur inférieures ou égales à 3. Affectées à chaque ligne axiale, les valeurs d'intégration ont été exprimées au niveau des tronçons de voirie. Nous avons donc attribué la valeur obtenue pour une ligne axiale à l'ensemble des tronçons qui la composent. Cela donne les résultats présentés sur la figure 52.

L'indice de profondeur 1 met principalement en évidence les lignes axiales les plus longues et celles qui leurs sont connectées ; il n'est pas figuré ici. Une profondeur d'ordre 2 valorise ensuite toutes les lignes connectées à celles mises en valeur par l'ordre 1. C'est ainsi que des lignes axiales peu allongées peuvent recueillir de bonnes valeurs d'intégration. Sur la figure 52, la ligne axiale cerclée de rouge profite de sa position puisqu'elle est connectée à de grandes profondeurs de vue. En général, plus on augmente le niveau de profondeur, plus on tend à harmoniser les valeurs d'intégration. A Lille, on peut remarquer que les différences sont peu marquées et que les fortes valeurs d'intégration locale, plutôt situées à l'ouest pour l'indice d'ordre 2, s'étendent progressivement en direction de l'est avec un indice d'ordre 3. Les grands

boulevards de l'ouest de la zone restent néanmoins prépondérants alors que le centre historique, plus sinueux, recueille des valeurs beaucoup plus faibles. D'une certaine manière, on perçoit déjà les difficultés de la syntaxe spatiale et de son axiome de mouvement naturel pour des zones où les générateurs de déplacements sont très présents. Comment, en effet, imaginer que les boulevards rectilignes et allongés puissent accueillir davantage de déplacements pédestres que le centre, moins bien doté en perspectives visuelles, mais disposant de commerces, de bureaux et de lieux culturels ? Intuitivement, on peut imaginer que ce constat aura peu de chance d'être vérifié expérimentalement.

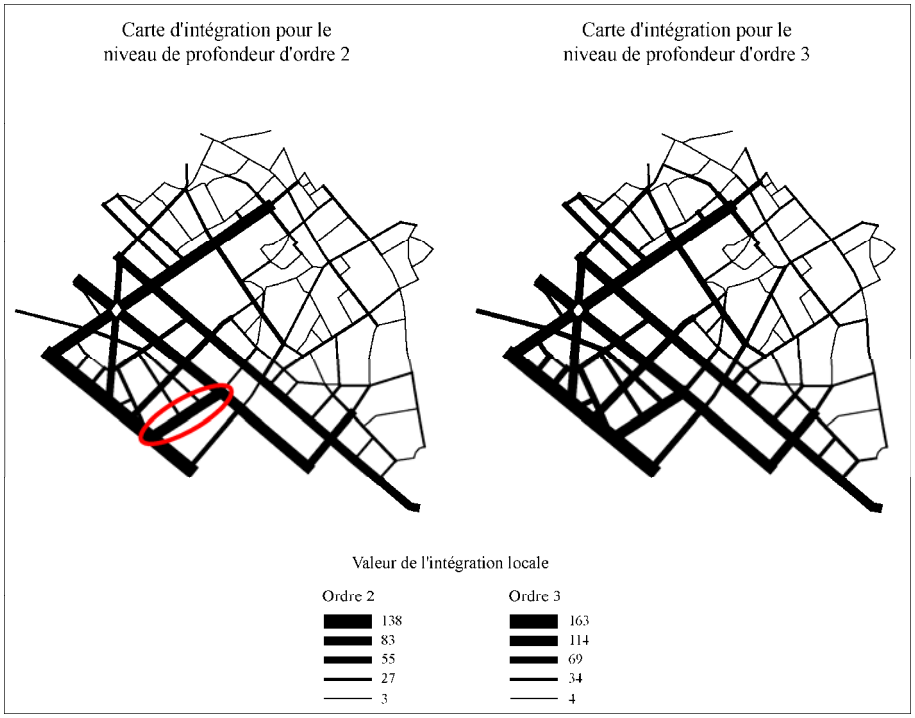


Figure 52 : Calculs d'intégration pour la zone d'étude lilloise (profondeur d'ordre 2 et 3)

2. Premiers résultats relatifs au calcul d'intégration

Le calcul de corrélation entre les intégrations locales calculées selon les différents niveaux de profondeur et la charge observée montre que le niveau 2 est le plus corrélé. Mais le résultat n'est pas aussi satisfaisant (r^2=0,28) (figure 53) que ceux obtenus par d'autres auteurs (Hillier, 1996 ; Cutini, 1999 ; Desyllas et Duxbury, 2001). Cela confirme en partie les arguments développés ci-dessus, même si, pour cette zone presque exclusivement située au centre-ville, la corrélation n'est pas si mauvaise que cela. Le niveau d'intégration 2 est donc retenu pour représenter le mouvement naturel dans la suite de notre démarche.

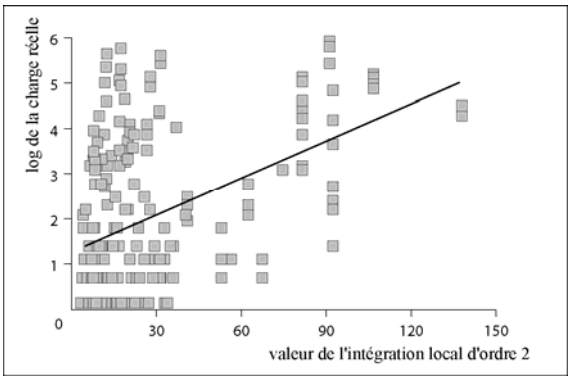


Figure 53 : Relation entre intégration locale d'ordre 2 et charge observée

Avant de tester l'apport des variables paysagères dans des modèles prédictifs, une première étape consiste à calculer leurs corrélations avec, d'une part, la charge pédestre réelle et, d'autre part, l'indice d'intégration (tableau 10).

Nomenclature		Variable	Charge réelle		Intégration locale 2	
			r	*p* value	*r*	*p* value
Niveau 1		Bâti	-0,26	0,01	-0,08	-
		Végétation	0,18	0,1	0,28	0,01
		Obstacles visuels	-0,17	0,1	0,02	-
		Espaces vides	0,26	0,01	-0,20	0,05
Niveau 2		Niv. Intermédiaire	-0,16	0,2	0,00	-
		Immeubles	-0,11	-	-0,11	-
		Murs	-0,09	-	0,08	-
		Pelouses	-0,11	-	-0,05	-
		Arbustes	-0,17	0,1	-0,11	-
		Arbres	0,33	0,001	0,35	0,001
		Fleurs	0,09	-	-0,05	-
		Parcs	-0,09	-	0,02	-
		Cours d'eau	-0,09	-	-0,07	-
		Places	0,33	0,001	-0,18	0,1
		Parkings	-0,10	-	-0,05	-
Niveau 3	Niv. Intermédiaire	Résidentiel	-0,19	0,1	0,10	-
		Commercial	0,16	0,2	-0,12	-
		Public	-0,02	-	-0,03	-
		Monument	-0,10	-	0,04	-
		Industriel	-0,17	0,1	-0,07	-
	Immeubles	Résidentiel	-0,23	0,02	-0,21	0,05
		Commercial	-0,07	-	-0,03	-
		Public	0,00	-	0,00	-
		Monument	0,16	0,2	0,08	-
Autres variables		Nombre de voies	0.29	0,01	0,48	0,00001
		Largeur des trottoirs	0,00	-	0,31	0,01
		Stationnement	-0,11	-	0,26	0,01

Tableau 10 : Corrélations entre variables paysagères, charge réelle et intégration locale d'ordre 2

Globalement, ces corrélations sont assez faibles. Pour le niveau 1, on peut surtout noter que le *bâti* (négatif) et les *espaces vides* (positif) s'opposent. La *végétation* est faiblement liée à la fréquence pédestre, mais elle est par ailleurs corrélée à l'intégration. Au niveau 2, on retrouve la même situation pour la variable *arbres*, qui apparaît favorable à la marche à pied ; mais elle est également liée aux fortes valeurs d'intégration, c'est-à-dire aux fortes valeurs d'accessibilité. La vue sur les *places* est la seconde variable corrélée de façon significative. Cependant, elle n'est pas liée à l'intégration comme la précédente, c'est pourquoi elle apparaît plus nettement comme un indicateur d'une préférence spatiale. Elle précise la relation plus globale de la variable *espaces vides*, où les *parkings* ne présentent pas de lien particulier avec la fréquence pédestre. Au niveau 3, les fonctions *résidentielles* occasionnent des relations négatives, quelle que soit la taille du *bâti*. Les fonctions *commerciales* montrent une relation positive mais peu significative dans le cas du *niveau intermédiaire* ; pour les *immeubles*, cette relation devient nulle. Enfin, parmi les autres variables, le *nombre de voies* routières s'avère corrélé à la fréquence pédestre ; cependant, ce descripteur est plus nettement lié à l'intégration. Les paramètres relatifs aux *trottoirs* ne jouent quant à eux aucun rôle.

3. Vers un modèle prédictif basé sur l'intégration locale et les paysages

Plusieurs modèles linéaires sont ensuite mis en place pour tester les combinaisons pertinentes de variables en fonction des différents niveaux hiérarchiques issus de l'enquête. Pour tous les modèles, l'intégration locale est la variable la plus corrélée (tableau 11). La régression pas à pas qui utilise des variables paysagères de niveau 1 aboutit à un modèle à deux variables dont le pouvoir explicatif est de 0,44 (à comparer au modèle simple avec l'intégration, dont le r^2 est de 0,28). Seule la variable paysagère *espaces vides* est positivement liée à l'intégration ; elle est associée au *stationnement* de véhicules, qui agit négativement et au *nombre de voies* en positif. Au niveau 2, le modèle ressemble en partie au précédent et précise que les *espaces vides* préférentiels sont les *places* ; *largeur des trottoirs* et *arbustes* apparaissent en négatif pour faire progresser le coefficient de détermination (r^2=0,51). Le niveau 3 n'améliore pas le coefficient r^2 par rapport au niveau 2 ; en soit, il s'agit déjà d'une information non négligeable. En effet, le niveau 3 décrit une information sur la fonction du *bâti* qui peut sembler ambiguë et pas réellement paysagère. En conséquence, on aurait pu s'attendre à ce que ce niveau, qui recoupe en partie des informations sur les générateurs de déplacements, soit supérieur au niveau 2. Or, il n'en est rien et cela démontre que les paysages ont, au-delà du fonctionnel, aussi une influence. Par ailleurs, ce niveau 3 fournit d'autres informations : la fonction *commerciale* est une nouvelle variable enregistrée comme favorable alors que toutes les autres fonctions (*résidentielles*, *industrielles* et même les *monuments*) sont négatives, quelle que soit la taille du *bâti*.

L'ambiguïté possible contenue dans la variable *niveau intermédiaire commercial* pourrait remettre en cause leur rôle véritablement visuel. Nous avons donc testé le lien entre la densité des destinations des trajets et la densité des commerces : le coefficient *r* est faible (0,28). Il est donc intéressant de constater que l'accessibilité aux commerces, souhaitée par les

planificateurs urbains, se justifie également d'un point de vue paysager : les environnements commerçants attirent les piétons indépendamment de leur rôle en tant que générateur de déplacements.

La combinaison des niveaux 2 et 3 fait nettement progresser la valeur du r^2 à 0,59. On retrouve l'influence positive des *places*, du niveau *intermédiaire commercial* et du *nombre de voies*. Le rôle négatif de la *largeur des trottoirs* est confirmé alors que la classe *monuments* n'est pas très claire puisque son influence est positive ou négative selon le type de *bâti* auquel elle se rapporte.

Modèle	Variables	Coefficient	Coefficient standardisé	t de Student	*P* value
Niveau 1	Constante	0,589	-	-	-
r^2 =0,44	**Intégration locale**	**0,029**	0,522	6,722	0,000
	Espaces vides	**0,050**	0,342	4,708	0,000
	Stationnement	-0,513	-0,244	-3,047	0,002
	Nombre de voies	**0,412**	0,237	2,785	0,006
Niveau 2	Constante	0,795	-	-	-
r^2 =0,51	**Intégration locale**	**0,027**	0,484	6,567	0,000
	Places	**0,068**	0,443	6,612	0,000
	Nombre de voies	**0,573**	0,331	3,652	0,000
	Largeur des trottoirs	-0,349	-0,242	-2,880	0,004
	Arbustes	-0,076	-0,137	-2,122	0,035
Niveau 3	Constante	2,315	-	-	-
r^2 =0,48	**Intégration locale**	**0,024**	0,432	5,294	0,000
	Niv. Int. Résidentiel	-0,028	-0,321	-4,290	0,000
	Niv. Int. Commercial	**0,016**	0,123	1,570	0,119
	Niv. Int. Monuments	-0,070	-0,223	-3,139	0,002
	Imm. Résidentiel	-0,058	-0,229	-2,837	0,005
	Niv. Int. industriel	-0,046	-0,136	-1,985	0,049
	Nombre de voies	**0,405**	0,234	2,673	0,008
	Stationnement	-0,369	-0,175	-2,094	0,038
Niveaux 2	Constante	-0,272	-	-	-
et 3	**Intégration locale**	**0,027**	0,491	7,140	0,000
r^2 =0,59	**Places**	**0,072**	0,471	7,536	0,000
	Niv. Int. Commercial	**0,032**	0,241	3,728	0,000
	Nombre de voies	**0,612**	0,353	4,172	0,000
	Imm. Monuments	**0,053**	0,162	2,652	0,009
	Niv. Int. Monuments	-0,049	-0,154	-2,567	0,011
	Largeur des trottoirs	-0,240	-0,167	-2,062	0,041

Tableau 11 : Modèles de régression selon les niveaux hiérarchiques des variables paysagères

Le modèle le plus significatif cumule donc les niveaux 2 et 3. Le niveau 2 correspond à la description la plus fine des éléments paysagers, par opposition au niveau 1, très sommaire. Quant au niveau 3, il renseigne les tronçons sur leurs fonctions paysagères. A partir de ce modèle, il est possible de dresser une carte de prédiction de la mobilité pédestre sur le réseau (figure 54). On peut voir que cette carte traduit la forte influence de l'intégration : les grandes lignes axiales sont censées accueillir de nombreux flux pédestres. Mais l'intégration des variables paysagères a permis de nuancer l'opposition, que nous avions décrite, entre

boulevards périphériques et centre-ville. Ces variables ont permis de repositionner le centre historique de la ville dans son rôle de capteur de la mobilité pédestre.

Figure 54 : Charges prédites par le modèle (niveaux 2 et 3)

D'ailleurs, il semble que cette prédiction soit encore insuffisante pour certaines rues du centre (figure 55). La rue de Béthune, qui est la principale artère commerciale du vieux Lille, supporte une charge bien supérieure à celle issue du modèle de prédiction puisque ses résidus sont fortement positifs. C'est aussi le cas de certaines rues du centre même si l'on ne peut généraliser ce constat de manière systématique. On remarquera d'ailleurs qu'aucune structure particulière n'émerge de la carte des résidus dans sa globalité.

Figure 55 : Carte des résidus du modèle (niveaux 2 et 3)

Localement, quelques groupes de rues sont homogènes, positivement ou négativement mais il n'y a pas d'agrégats nettement différenciés ; ce constat permet de confirmer la validité du

modèle. Certaines zones sont privilégiées par les piétons mais de grandes différences locales existent, ce qui semble logique puisque les choix des piétons conduisent à privilégier localement certaines rues au détriment d'autres. Par ailleurs, on notera que certaines lignes axiales de l'ouest de la zone ne sont pas aussi empruntées que prévu, mais sans toutefois pouvoir fournir une explication satisfaisante.

Conclusion

A partir de données décrivant la fréquentation pédestre et les éléments visibles des tronçons de la zone étudiée, l'application du cadre théorique du mouvement naturel, associé aux classes paysagères censées représenter les préférences visuelles des piétons, a abouti à la mise en place de modèles statistiques. Ces résultats confirment tout d'abord l'hypothèse initiale selon laquelle la configuration du réseau, via notamment la présence de grandes rues linéaires, est le principal facteur influençant les choix d'itinéraires pédestres. Ainsi, malgré les critiques qui lui sont parfois adressées, la syntaxe spatiale présente un intérêt pour la modélisation des déplacements, notamment grâce au calcul de l'indice d'intégration. Nous rejoignons donc de nombreux d'auteurs (par exemple Cutini, 1999 ; Desyllas et Duxbury, 2001) qui avaient déjà validé les hypothèses fondatrices émises par B. Hillier et J. Hanson (1984). Sans polémiquer, on se contentera de rappeler que la syntaxe spatiale renvoie aussi en partie à des notions architecturales plus anciennes. Ne retrouve-t-on pas, en effet, la vision de l'urbanisme ouvert des années 70 avec ses espaces visibles, continus (Picon-Lefebvre, 1997) et ses longues perspectives ?

Ensuite, nous avons pu confirmer l'hypothèse de certaines préférences paysagères puisque le pouvoir explicatif du modèle est passé de 25 à 56 %. Ces modèles ont permis de mettre en évidence l'influence positive de certains éléments paysagers, notamment celle des *places* et des *commerces*. Cela valide le cadre conceptuel utilisé qui postulait que l'usage des tronçons de rue est à la fois dépendant de son accessibilité, définie selon les règles syntaxiques, et des préférences paysagères. Cela rejoint aussi les hypothèses du "Pedestrian Environment Factor" (Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas, Inc., 1993), indice qui synthétise un ensemble de mesures favorables aux piétons et qui intègre la notion de qualité de l'environnement piétonnier.

Pour les autres classes paysagères, nous attendrons d'avoir mis en œuvre d'autres méthodes de détection des préférences avant d'entrer dans une description précise des résultats obtenus. Nous pouvons juste remarquer que les variables *bâti* et *espaces vides* sont les plus prégnantes et l'on peut être tenté de rapprocher ces conclusions des hypothèses émises par les architectes au sujet des pleins et des vides et que nous avons déjà mentionnées. Toutefois, il n'y a pas de distinction en fonction de la hauteur du *bâti* et ce sont plutôt les fonctions qui sont discriminantes. Etrangement, la *végétation* semble ne jouer aucun rôle, hormis pour la classe *arbustes* qui est même négative. Autre constat surprenant, la *largeur des trottoirs* agit aussi de façon négative ; mais il est vrai que dans la zone étudiée, cette largeur est presque toujours satisfaisante, ce qui pourrait expliquer sa faible pertinence ici. Pour finir, la variable *nombre de*

voies, qui constitue en général un indicateur du trafic routier, est positivement corrélée à l'intensité pédestre. Mais comme cela a été démontré, elle est fortement liée à l'intégration locale et à des perspectives visuelles.

Chapitre 2

Modéliser les choix d'itinéraires : de nombreuses pistes de recherche

Après la syntaxe spatiale, nous proposons d'appliquer une méthode d'analyse fondamentalement différente. Celle-ci se réfère aux modèles d'affectation des flux, très utilisés dans le domaine des transports. Appliqués initialement aux modes motorisés, ils permettent de formaliser les choix d'itinéraires en automobile sur la base de variables comme les limitations de vitesse, le nombre de feux rouges, l'intensité de la circulation, les kilomètres de voies rapides… (Ben-Akiva et Bierlaire, 1999).

Fort logiquement, ces modèles d'affectation ont également été appliqués aux déplacements pédestres. Mais ce transfert a parfois été réalisé de manière trop simpliste. Ainsi, la caractérisation des itinéraires effectués en marche à pied est souvent limitée à des variables techniques et fonctionnelles portant sur la voirie. Ces attributs, bien que prépondérants, ne sont toutefois pas les seuls critères intervenant dans les choix d'itinéraires pédestres car ils ne sont pas aptes à rendre compte de la complexité des comportements ; dans ce cas, il n'y a pas à véritablement parler de prise en compte de la spécificité du marcheur. C'est pourquoi nous intégrerons les paysages aux modèles testés dans le cadre de ce chapitre. Le modèle logit multinomial sera utilisé dans le but de modéliser les choix d'itinéraires effectués par les piétons, au sein d'un ensemble de trajets considérés comme raisonnables, et en prenant en compte les variables paysagères.

La validation de ces modèles se fera de deux façons. L'une, classique, permettra de reproduire les itinéraires observés par une phase de validation que l'on qualifiera de comportementale. La seconde option consistera à choisir le modèle qui minimise la différence charge

observée/charge prédite par tronçon ; le phase de validation sera, dans ce cas, davantage spatiale.

1. Un modèle de choix discret : le modèle logit multinomial

Les modèles de choix discret sont très utiles pour analyser précisément les comportements. Ils permettent, en travaillant indépendamment pour chaque contexte de choix individuel, de faire émerger des paramètres explicatifs pertinents.

1.1. Définition de l'ensemble de choix

L'objectif de la recherche étant d'étudier les choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain, la première étape consiste à déterminer l'ensemble des choix potentiels pour chaque origine-destination recensée lors des enquêtes. Cet ensemble de choix correspond à tous les itinéraires qualifiés de raisonnables pour joindre ces couples de points. Nous utilisons donc les alternatives qui ont été générées via l'utilisation de l'algorithme de Dijkstra (1959), selon le procédé décrit dans la partie précédente. Les informations dont nous disposons prennent la forme présentée dans le tableau 12. A chaque trajet réalisé correspond un faisceau de plus courts chemins (PCC) constitué d'itinéraires potentiels, plus ou moins nombreux, dont la longueur est pour le moment la seule variable discriminante. Par ailleurs, le pourcentage d'allongement est calculé sur la base du plus court chemin optimal. Au sein de ces potentialités, un calcul de correspondance a permis de déterminer l'itinéraire effectivement emprunté. Le piéton qui a effectué le trajet 4 disposait de 7 itinéraires raisonnables et a opté pour le second, par ordre de longueur ; ce choix a occasionné un allongement de 5 %.

Identifiant du trajet	Identifiant du PCC	Longueur en mètres	Pourcentage d'allongement	Pris/pas pris
4	1	505,74	0	0
4	2	531,04	5	1
4	3	549,71	8,69	0
4	4	555,94	9,93	0
4	5	557,01	10,14	0
4	6	568,79	12,47	0
4	7	576,32	13,95	0
252	1	860,32	0	1
252	2	874,88	1,69	0
252	3	930,9	8,2	0
283	1	601,78	0	0
283	2	625,04	3,87	0
283	3	650,11	8,03	0
283	4	651,54	8,27	0
283	5	674,8	12,13	1

Tableau 12 : Quelques lignes de la base de données "plus courts chemins"

Les modèles de choix discrets sont particulièrement adaptés à l'analyse de ce genre de tableau puisqu'ils permettent de modéliser un choix parmi un ensemble d'options définies. De nombreux modèles ont été développés pour travailler sur ce type de choix. Nombre d'entre eux appartiennent à la famille des modèles de la valeur extrême généralisée[57] (GEV). C'est le cas de celui que nous privilégierons dans le cadre de ce chapitre, le modèle logit multinomial, développé par D. McFadden.

1.2. Le modèle logit multinomial : un modèle simple de choix d'itinéraires

Parmi les modèles de choix discret qui permettent de simuler un choix entre plusieurs alternatives potentielles, le logit simple est l'un des plus utilisés, comme en témoigne l'abondance de la littérature consacrée aux différentes déclinaisons de ce modèle (CERTU, 1998 ; Rodriguez et Joo, 2004 ; Zhang *et al.*, 2004, etc.). Initialement utilisé pour modéliser les choix du mode de transport, il est tout à fait indiqué pour l'étude des choix d'itinéraires en marche à pied. Comme tous les modèles stochastiques, son application aux choix d'itinéraires et à l'affectation des flux repose sur trois principes fondateurs (Dial, 1971) :

1. Toutes les alternatives, considérées comme raisonnables peuvent être empruntées (il faut cependant qualifier ce que l'on retiendra comme raisonnable) ;
2. Si deux alternatives ont le même coût, elles seront affectées d'une probabilité de choix égale ;
3. Lorsque deux alternatives ont des coûts différents, la moins coûteuse aura une probabilité de choix supérieure.

Connaissant le coût de chaque option, le logit simple permet donc de modéliser les comportements des individus en affectant, pour chaque déplacement, une probabilité à chaque itinéraire potentiel. En fonction des spécificités du réseau, de l'éloignement entre origine et destination, le nombre d'alternatives considérées est très variable : pour nos deux zones, le nombre d'itinéraires potentiels varie de un à plus de 40. De ce point de vue, la mise en œuvre du modèle logit s'avère plus compliquée que dans le cadre des choix modaux, où le nombre d'options est en général fixe.

Le modèle calcule ensuite les probabilités d'usage d'un tronçon de voirie en fonction du nombre et des probabilités d'usage des plus courts chemins susceptibles de l'emprunter (ce qui, nous le verrons ultérieurement, peut-être perçu comme un inconvénient). Ce modèle s'appuie en effet sur un postulat d'indépendance des différents plus courts chemins, propriété dite IIA (*Independence of Irrelevant Alternatives*[58]) qui n'est pourtant que rarement vérifiée. Détaillons tout de même le formalisme de ce modèle qui sert de base à de nombreux développements.

En théorie, chaque alternative k sera affectée d'un coût C_k , dans un premier temps égal à sa longueur. On ajoute ensuite au coût effectif de l'itinéraire C_k une variable aléatoire ε_k

[57] - Generalized Extreme Value.
[58] - Indépendance des alternatives non pertinentes.

représentant les erreurs de perception éventuelles des piétons et/ou l'incapacité du modélisateur à intégrer toutes les caractéristiques des comportements individuels (Masson, 1998). On obtient ainsi le coût perçu V_k :

$$V_k = C_k + \varepsilon_k$$

Ensuite, pour estimer l'utilité mesurée U_k de chaque alternative, il suffit d'établir une relation inversement proportionnelle[59] au coût perçu C_k par chaque piéton (Gleyze, 2001 ; Henn, 2001) :

$$U_k = -\mu \cdot C_k$$

où μ correspond à la sensibilité de l'individu aux caractéristiques de l'alternative. Comme le coût ne prend en compte que la longueur de l'alternative, on parlera de rationalité supposée des piétons.

L'utilité est donc une fonction aléatoire puisque la variable de perception ε_k a été introduite dans le modèle. Toutefois, le logit simple de base n'utilise pas cette formulation aléatoire de l'utilité. En effet, si l'on considère que les alternatives sont complètement indépendantes entre elles, on peut alors supposer que les variables aléatoires ε_k le sont également. Dans notre cas, cela ne remet pas en cause l'hypothèse selon laquelle les piétons risquent de porter un jugement non objectif et donc en partie erroné sur les trajets potentiels ; cela signifie plutôt que ces erreurs de perception sont relativement homogènes d'une personne à l'autre. Malgré le caractère critiquable d'une telle méthode, nous supposerons donc que la population de piétons est homogène et estime donc les coûts de manière identique. Cela implique que nous travaillerons uniquement à partir de la composante déterministe de l'utilité.

Si les ε_k sont des variables indépendantes et identiquement distribuées (distribution des aléas selon une loi de Gumbel) telles que,

$$\forall k, k' \, (k \neq k') \, \mathrm{cov}(\varepsilon_k, \varepsilon_{k'}) = 0 \ ,$$

on en déduit que la probabilité P_k qu'un piéton choisisse l'alternative k s'exprime comme suit :

$$P_k = \frac{e^{-\mu \cdot C_k}}{\sum_{k'} e^{-\mu \cdot C_{k'}}}$$

Le modèle distribue donc les probabilités d'usage des alternatives en fonction de l'utilité qu'elles représentent pour chaque individu (Ben-Akiva et Bierlaire, 1999). On peut noter que la probabilité P_k n'est alors fonction que du coût des différentes alternatives (composante déterministe de l'utilité) et du paramètre μ ; elle suit une loi logistique. Elle est calculée en fonction de l'utilité de l'alternative considérée et de l'utilité des alternatives composant le contexte de choix (ici les plus courts chemins potentiels). En général, μ ne peut être estimé et

[59] - Cette relation est inversement proportionnelle car on ne prend ici en compte que la longueur.

est souvent pris égal à 1. Mais comme le coût C_k n'est, dans un premier temps, égal qu'à la longueur des itinéraires, nous utilisons ce paramètre pour déterminer la sensibilité des piétons à la longueur des itinéraires. En testant plusieurs modèles par itérations successives, cela nous permet, dans le cadre de notre recherche, de simuler la rationalité des comportements pédestres. Quand μ tend vers l'infini, on considère que l'erreur de perception est faible, le piéton est rationnel et emprunte le trajet le moins coûteux. A l'inverse, lorsque μ tend vers 0, l'erreur est élevée puisque la perception de toutes les alternatives est identique, quelles que soient leur longueur : l'usager choisit indifféremment une des options disponibles (figure 56).

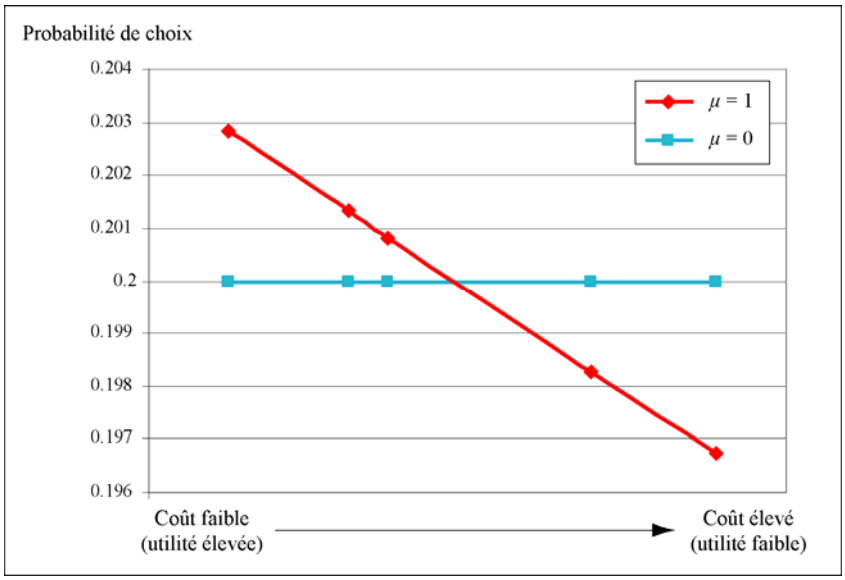


Figure 56 : Probabilités de choix de cinq trajets en fonction de la valeur du paramètre μ

Par conséquent, plus on augmente μ, plus on simule des piétons qui maximisent leur choix en fonction de l'utilité réelle des différentes alternatives. On suppose alors que les individus sont capables d'effectuer un classement ordinal des itinéraires potentiels en fonction de leur efficience. Lorsque μ tend vers 0, on postule en revanche que les erreurs d'appréciation l'emportent et que les options de l'ensemble de choix sont perçues de manière quasi identique. Cette absence de rationalité peut s'expliquer par un manque d'information lorsque toutes les alternatives ne sont pas connues et/ou appréciées, par un manque de volonté, notamment dû à l'intervention effective d'autres facteurs non pris en compte lors de la formulation des paramètres définissant l'utilité. Nous reviendrons plus tard sur ce défaut de précision du modèle qui laisse de côté certaines préférences de l'individu, notamment paysagères.

Une fois les probabilités calculées pour chaque itinéraire, il est possible d'affecter les résultats au réseau viaire. Ainsi, quelle que soit la valeur de μ, on pourra attribuer une probabilité de fréquentation théorique moyenne C_t à chaque tronçon t et pour chaque trajet :

$$C_t = \frac{1}{N_k} \sum_{t \in k} P_k$$

où N_k est le nombre d'itinéraires potentiels pour chaque déplacement et P_k les probabilités affectées à chacun de ces itinéraires ; elles ne sont sommées que si elles transitent par le tronçon étudié t. Concrètement, toutes probabilités étant égales par ailleurs, un tronçon sur lequel passent cinq chemins potentiels aura une probabilité d'emprunt supérieure à celle d'un tronçon ne comptabilisant que trois passages. En faisant varier le coefficient de rationalité μ pour privilégier ou non les itinéraires les plus courts, les probabilités d'usage des tronçons pour un trajet deviennent plus ou moins homogènes (figure 57).

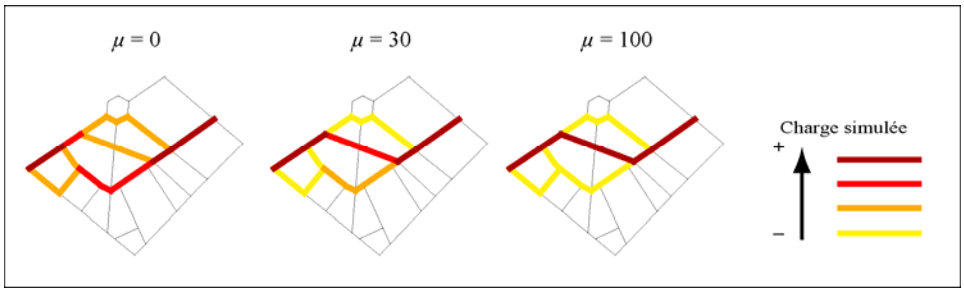


Figure 57 : Rationalité et charges prédites

Cependant, l'utilisation du modèle logit pose problème car l'hypothèse IIA implique que le rapport des probabilités de deux trajets dépend seulement de l'utilité de ceux-ci : il reste donc indépendant des autres alternatives. Cette complication, plus connue sous le nom de paradoxe bus bleu/bus rouge (encart 6), a été mise en évidence par G. Debreu (1960).

G. Debreu a montré, dans les années 60, que l'hypothèse d'indépendance pouvait conduire à des résultats "non-raisonnables" voire contre-intuitifs. Connue sous le nom de "blue bus/red bus paradox", cette démonstration, teintée d'ironie, expose clairement le problème soulevé par l'IIA.
Des usagers utilisent pour se déplacer leur automobile ou un service de bus bleu. La répartition de la part de marché de chacun des modes est égale (50 % - 50 %). Si l'on ajoute un service de bus rouge dans le système et que l'on traite ces deux services comme deux options indépendantes, la part de marché des bus (c'est-à-dire le cumul des parts des deux services) est en augmentation. Le rapport entre l'automobile et les bus bleu demeurant inchangé, du fait de l'indépendance vis-à-vis des autres alternatives, le seul moyen pour maintenir le ratio égal à 1 est d'affecter à chaque mode 1/3 de la clientèle théorique.
Evidemment, cette hypothèse est irréaliste car la couleur du bus ne détermine en aucun cas les choix des individus et n'est donc pas apte à engendrer un report modal au profit des transports en commun ! La part de marché de l'automobile et des bus devrait donc rester identique (50 % - 50 %) et chaque service de bus, bleu et rouge, devrait avoir une part égale à la moitié de la part initiale des bus bleu (soit 25 % pour chacun). Or, ce résultat est impossible à obtenir avec un modèle logit de type multinomial simple.

Encart 6 : Le paradoxe bus bleu / bus rouge

Dans le cas de la marche à pied, l'hypothèse IIA est également problématique puisqu'elle n'est pas du tout vérifiée. Pour ce faire, il faudrait que les alternatives potentielles n'aient en commun aucun tronçon… Respecter cette hypothèse engendre donc un calcul irréaliste des probabilités d'usage des itinéraires. Si l'hypothèse IIA est très utile pour la formulation du modèle logit, elle constitue donc aussi sa principale faiblesse et est, à juste titre, soumise à de nombreuses critiques. Ce biais peut en partie être résolu en prenant différemment en compte les chemins trop identiques, que les piétons ne distinguent en théorie pas (figure 58). C'est

dans cette optique que le logit multinomial hiérarchique a été formulé ; il permet de calculer les probabilités d'usage de manière plus réaliste.

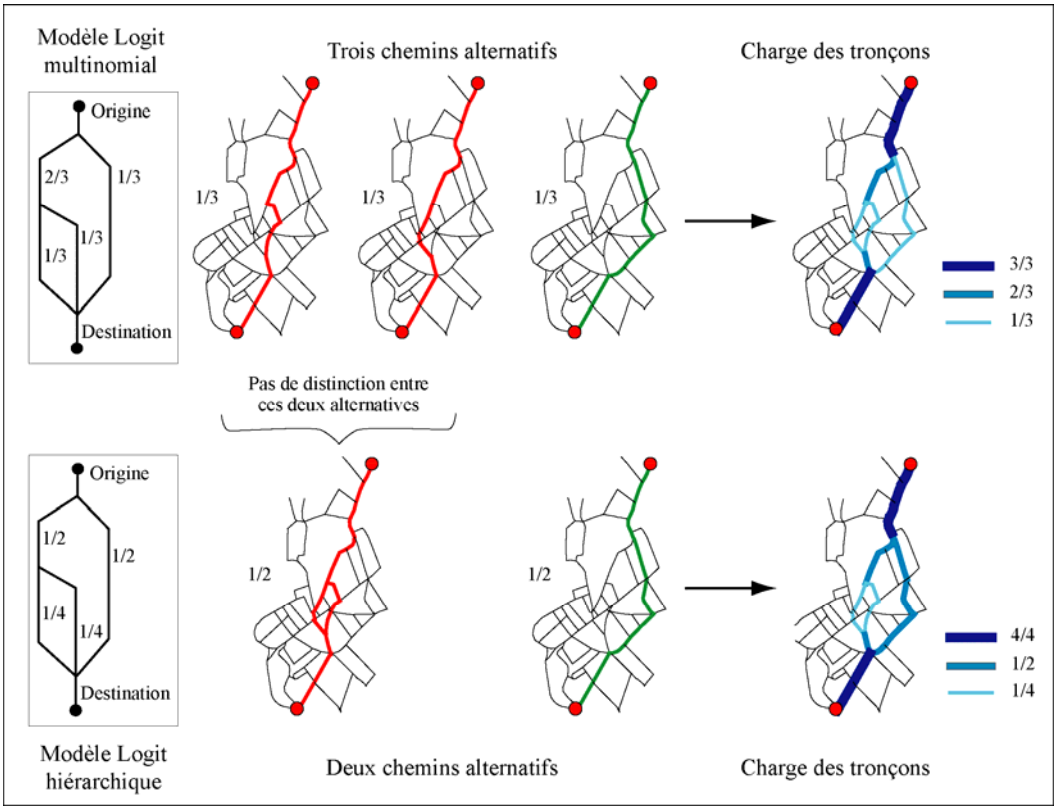


***Figure 58 : Deux exemples d'application du modèle logit** (d'après CERTU, 2003)*

1.3. Le modèle logit multinomial hiérarchique

Le modèle logit multinomial hiérarchique, proposé par M. Ben-Akiva dès 1973, a été conçu dans le but de remédier aux défauts de l'hypothèse IIA (Ben-Akiva et Lerman, 1985). Selon l'hypothèse de base du modèle, les processus de choix des individus s'apparentent à des emboîtements des options disponibles en sous-groupes, ou clusters, ce qui forme un arbre de décisions (McFadden, 1984) censé être plus en conformité avec les comportements. En effet, l'étude générale des processus de décision a permis d'observer que les individus regroupent les solutions possibles selon leur degré de ressemblance lorsqu'ils sont confrontés à une situation de choix complexe. Se faisant, ils simplifient le contexte de décision initial et procèdent ensuite par choix successifs. La figure 59 l'illustre très simplement : pour choisir leur couleur bleue préférée, la plupart des individus auront tendance à effectuer un classement préalable, par niveau de similitude, pour ensuite opérer une sélection au sein du sous-groupe bleu.

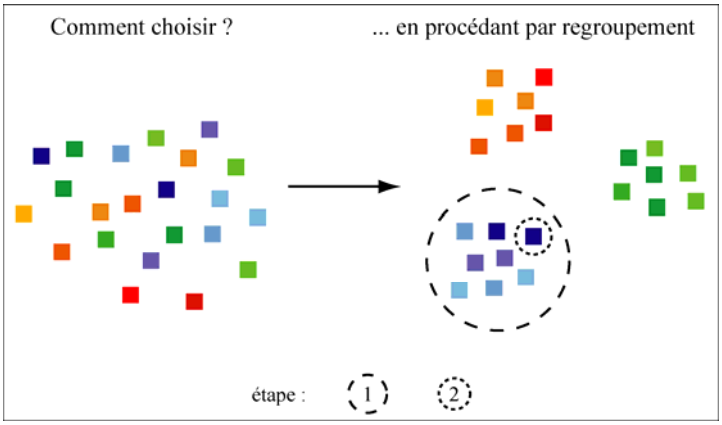


Figure 59 : Le choix, un processus séquentiel

Il en va de même pour les choix d'itinéraires. On suppose en effet que chaque personne regroupera les itinéraires quasi semblables pour simplifier la phase de choix et la rendre plus pertinente. Plutôt que de choisir parmi toutes les alternatives, l'individu les classe, choisit un groupe parmi les *n* groupes puis une alternative parmi les *k* alternatives du groupe sélectionné selon un processus de choix devenu séquentiel. Cette procédure de choix sera modélisée par un logit simple à chaque étape (Koppelman et Sethi, 2000). Ainsi, la structure hiérarchique maintient l'hypothèse IIA pour les alternatives de chaque cluster et l'on peut formuler le même postulat d'indépendance entre tous les clusters d'un même niveau (application de l'IIA aux clusters).

Dans un premier temps, le regroupement des alternatives se fait par le biais d'un programme de reconnaissance des itinéraires relativement semblables. Chaque groupe est formé par des chemins suffisamment identiques. La première étape consiste alors à choisir un groupe parmi les *n* groupes d'alternatives selon une loi probabiliste. La seconde étape permet ensuite de choisir une alternative parmi celles présentes dans le groupe en question. Les deux alternatives de la figure 60, trop proches pour être réellement distinguées, sont regroupées et ne représentent plus alors qu'une seule alternative. Les flux empruntant cette alternative (1/2 ; logit de niveau 2) sont ensuite ventilés entre les deux chemins qui la composent (1/4 - 1/4 ; logit de niveau 3). Même si dans l'exemple présenté ci-dessus il n'y a que deux niveaux hiérarchiques, le nombre d'emboîtement est souvent plus conséquent, le modèle logit étant alors réitéré à l'intérieur de chaque cluster.

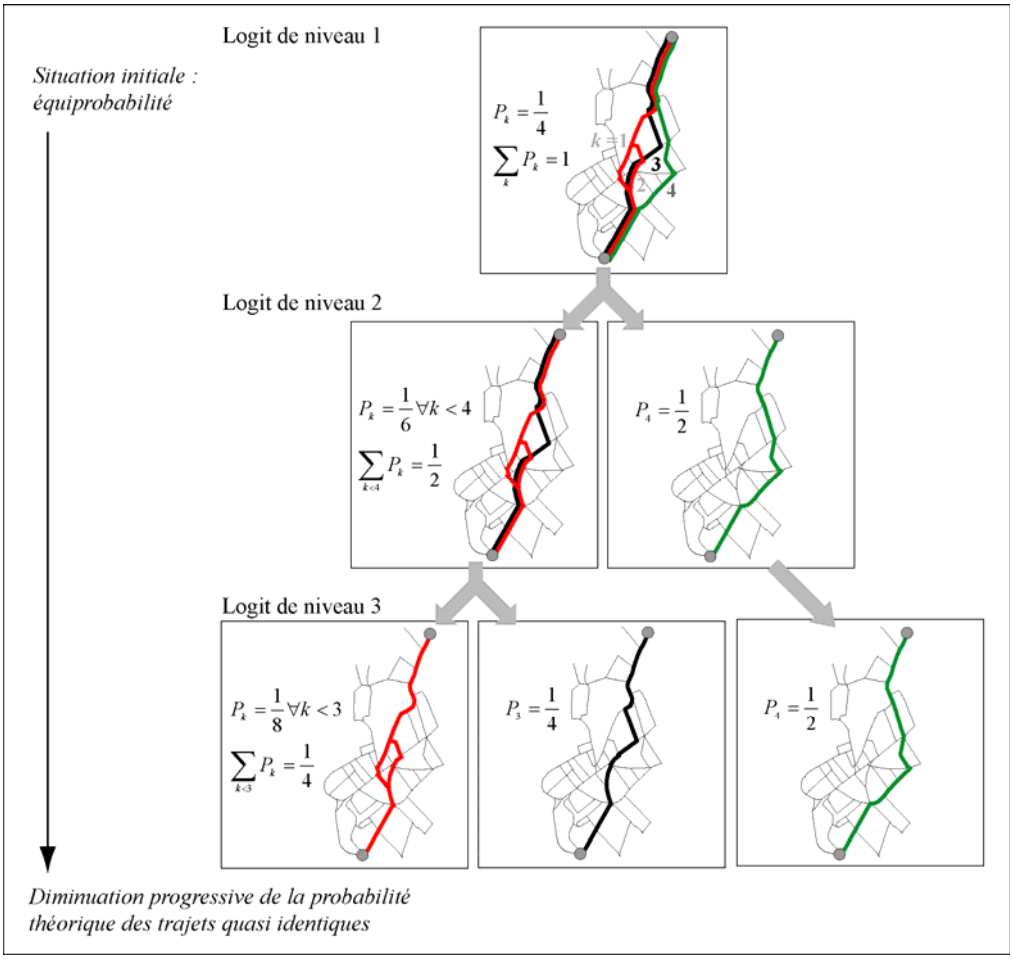


Figure 60 : Exemple de modèle Logit hiérarchique

Le nombre de niveaux du modèle ne supporte théoriquement pas de limites même si sa multiplication engendre une complexité accrue. Dans notre cas, il n'est pas fixé a priori puisqu'il est dépendant de la configuration de chaque trajet. Ainsi, il varie en fonction du nombre de parcours disponibles et de leur degré de ressemblance. L'algorithme mis en place fonctionne assez simplement puisqu'il recherche, pour chaque origine-destination, le plus court chemin optimal et balaye ensuite tous les autres trajets théoriques enregistrés afin de repérer d'éventuelles similitudes. Deux cas de figures apparaissent (figure 61) :

- si le plus court chemin ne ressemble à aucun des précédents, alors il est considéré comme une nouvelle alternative "réelle" et devient le référent d'un nouveau cluster ;
- si le plus court chemin est semblable à une alternative déjà enregistrée, alors il intègre le cluster en question.

Une fois que l'arbre de décision hiérarchique est dressé, les probabilités de chaque cluster sont alors calculées via un logit simple et redistribuées à chaque plus court chemin composant le cluster. Le calcul est ensuite réitéré à l'intérieur de chaque cluster. La probabilité qu'un piéton choisisse un plus court chemin dans un cluster est alors égale au produit de la probabilité dite

marginale de choisir le cluster et de la probabilité conditionnelle d'opter pour l'alternative en question à l'intérieur de ce même cluster.

Trajet	Plus courts chemins	Longueur	% d'allongement	Clusters
170	1	997,2	0	1
170	2	1025,5	2,84	1
170	3	1027,7	3,06	2
170	4	1041,3	4,43	1
170	5	1066,5	6,96	2
170	6	1066,7	6,97	2
170	7	1076,5	7,96	1
170	8	1090,6	9,37	3
170	9	1114,0	11,72	----------
170	10	1164,7	16,81	----------

Figure 61 : Application du logit hiérarchique

En faisant varier le seuil de regroupement des alternatives, on simule ainsi les comportements des piétons (figure 62). En pratique, plus le pourcentage est élevé, plus la capacité de différenciation supposée est basse ; les individus ne regroupent que très peu les alternatives potentielles et forment ainsi peu de clusters… Poussé à l'extrême, le modèle paramétré par un pourcentage fixé à 100 % simule l'absence totale de capacité de distinction des alternatives. Cela revient à utiliser un logit simple puisque les alternatives redeviennent indépendantes. Inversement, lorsque le pourcentage s'abaisse, les piétons regroupent davantage les alternatives (ce qui minimise le nombre de potentialités réellement perçues par les individus), les clusters regroupent alors plus de trajets théoriques. Même si d'autres expériences ont été menées à des niveaux très inférieurs, dans le cadre de déplacements motorisés notamment (Cascetta *et al.*, 2002), nous n'abaisserons pas le pourcentage au maximum et nous nous limiterons à un seuil fixé à 60 %. En deçà, il semble en effet que la structure devienne trop emboîtée ; cela impliquerait que le piéton regroupe tous les chemins potentiels pour ne former, au final, qu'une seule et unique alternative.

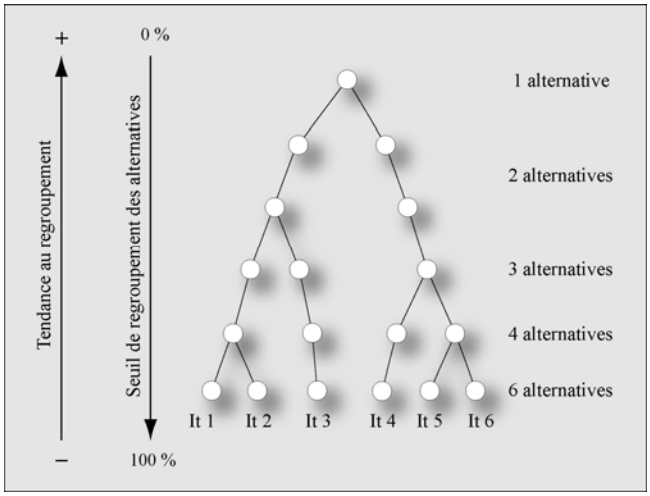


Figure 62 : Seuils de regroupement dans un logit hiérarchique

Toutefois, passé cette simple description, l'application du modèle logit hiérarchique se révèle plus ardue. En effet, le paramètre μ de rationalité n'est en général pas stable d'un niveau de cluster à l'autre. Prenons l'exemple d'un arbre de décision réduit comportant trois itinéraires A, B et B' avec B et B' quasi identiques et regroupés dans un même cluster (figure 63).

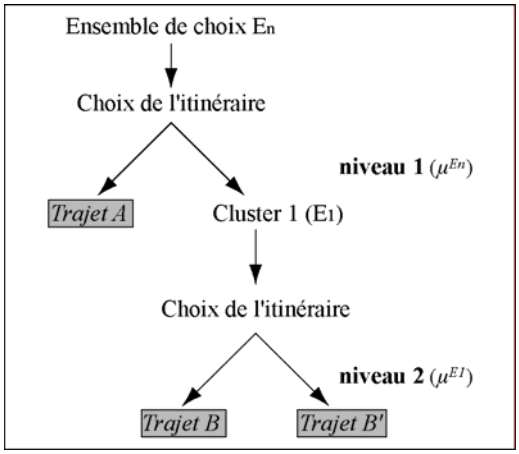


Figure 63 : Un exemple d'arbre de décision hiérarchique

La probabilité de choisir *B'* dans l'ensemble de choix E_n est égale au produit de la probabilité de choisir le cluster E_1 (auquel appartient *B'*) dans E_n par la probabilité de choisir *B'* dans E_1. Cette probabilité vaut donc (Antille, 2002) :

$$P(B'|E_n) = P(E_1 | E_n)\, P(B'|E_1) \text{ , avec}$$

$$P(E_1 | E_n) = \frac{e^{\mu_{En} \cdot V_{E_1}}}{\sum_{l=1}^{n} e^{\mu_{En} \cdot V_{E_l}}}$$

égale à la probabilité de choisir E_1 dans E_n, n représentant la totalité des clusters du niveau 1. L'utilité du cluster E_1 qui prend en compte les facteurs de l'utilité communs aux deux itinéraires *B* et *B'* vaut :

$$V_{E_1} = \frac{1}{\mu_{E_1}} \ln\left(\sum_{j \in E_1} e^{\mu_{E1} \cdot V_j} \right),$$

avec l'ensemble des itinéraires *j* appartenant au cluster E_1 et

$$P(B'|E_1) = \frac{e^{\mu_{E1} \cdot V_{B'}}}{\sum_{j \in E_1} e^{\mu_{E1} \cdot V_j}}$$

est égale à la probabilité de choisir *B'* dans le cluster E_1.

Il faut noter que le paramètre μ de rationalité se décompose en deux paramètres distincts μ_{E1} et μ_{En} pour les deux niveaux étudiés ici. Par ailleurs, D. McFadden (1978, cité par Palma et Thisse, 1987) a montré que le modèle logit hiérarchique est valable si et seulement si le paramètre μ_{En} est supérieur ou égal au paramètre μ_{E1}. Cela signifie que la rationalité du piéton sera plus faible au moment de juger les trajets d'un même cluster que lors de l'évaluation des clusters entre eux (on rappellera ici l'exemple de la figure 59 : il est plus aisé de réaliser trois groupes de couleurs distincts que de choisir un bleu dans le sous-groupe bleu). Cette hypothèse semble logique dans la mesure où les clusters se caractérisent par une différence plus forte que les itinéraires appartenant à un même cluster.

Ainsi, le rapport des deux rationalités se définit comme suit : $0 \leq \frac{\mu_{E1}}{\mu_{En}} \leq 1$ avec $\frac{\mu_{E1}}{\mu_{En}} = 0$ qui donnera une répartition, les utilités étant égales par ailleurs, de 1/2 pour le trajet A et de 1/4 pour chacun des trajets du cluster 1 (B et B'), conformément à l'hypothèse de choix progressif du modèle hiérarchique et $\frac{\mu_{E1}}{\mu_{En}} = 1$ qui donnera une répartition de 1/3 pour chacune des alternatives. On voit dans ce cas que le modèle hiérarchique se comporte comme le modèle logit multinomial.
Toutefois, le modèle logit hiérarchique peut être difficile à mettre en œuvre, spécialement en ce qui concerne les choix d'itinéraires[60]. Il est par exemple difficile de déterminer l'utilité d'un cluster sachant qu'elle doit regrouper des facteurs d'utilité communs. Si pour la détermination d'un mode de transport on peut facilement comprendre que des paramètres de coût ou de rapidité peuvent s'appliquer à un cluster "véhicules individuels motorisés" comprenant les modes automobile et moto, cela n'est pas aussi simple lorsqu'il s'agit d'itinéraires en marche à pied.

C'est pourquoi nous utiliserons une autre formulation du modèle hiérarchique dénommée modèle du maximum (Gesmad, 2000). Elle consiste à établir un trajet référent pour chaque cluster : dans notre cas, ce sera le chemin le plus court du cluster, qui sert de base de comparaison lors de la formation des clusters du modèle par l'algorithme de repérage de trajets "identiques" (figure 61). L'utilité associée à V_{E_1} s'écrit alors $\sup\{V_S, S \in E_1\}$. En reprenant notre exemple, si l'on admet qu'il s'agit du trajet *B*, la probabilité de choisir E_1 sera uniquement fonction de l'utilité du trajet *B* et de celle du trajet *A* qui forme l'autre cluster. Dans ce cas, on peut se contenter d'utiliser un seul coefficient μ de rationalité, ce qui suppose que le degré de rationalité du piéton est constant quel que soit le niveau de comparaison qu'il prend en compte.

Par ailleurs, l'intérêt de notre méthode réside dans le fait que nous ne fixons pas de seuil prédéterminé de regroupement des alternatives. Aucune hypothèse n'est faite sur le seuil minimal de ressemblance et c'est donc l'algorithme itératif qui doit trouver le pourcentage de regroupement optimal permettant de reproduire le plus fidèlement possible les comportements observés, pour différents coefficients de rationalité μ testés. Cette méthode se démarque de celles utilisées pour le choix du mode de transport dans lesquelles le modélisateur présuppose l'attitude des individus en regroupant, par exemple, les modes bus et métro dans un cluster

[60] - Rappelons que les modèles de choix discrets n'ont pas, à l'origine, été créés à des fins d'affectation de flux.

transport en commun. Ce regroupement est d'ailleurs souvent basé sur les préférences révélées par les individus, ce qui n'était évidemment pas réalisable dans le cadre des choix d'itinéraires.

2. Evaluation des modèles à partir des charges affectées aux tronçons

La première méthode d'évaluation des modèles passe par une comparaison des charges prédites avec les charges observées aux tronçons. Chaque modèle permet ainsi d'estimer le degré d'utilité et donc de probabilité d'emprunt des tronçons de voirie pour chaque origine-destination. Plusieurs méthodes permettent de comparer ces estimations avec les valeurs de fréquentation réelle. Il est d'abord possible de considérer le résultat agrégé de l'ensemble des origines-destinations recensées, en sommant dans chaque tronçon, d'une part les valeurs de probabilité issues du modèle, d'autre part le nombre de personne empruntant ce tronçon. Dans ce cas, un coefficient de détermination calculé entre ces deux séries de valeurs permet de connaître le pouvoir explicatif du modèle.

Cependant, l'analyse du résultat agrégé de l'ensemble des origines-destinations ne permet pas d'explorer véritablement les comportements individuels car on peut difficilement admettre l'existence d'une préférence globale, définitive et applicable à chacun. Cela consisterait à faire abstraction des contextes de décision des individus alors même que les choix sont plutôt relatifs et effectués au regard des options disponibles. Ainsi, à l'échelle des origines-destinations considérées indépendamment les unes des autres, il est possible de mettre en parallèle les valeurs d'utilité issues du modèle et la réalisation effective du trajet, qui prend alors la forme d'une variable binaire "tronçon utilisé/tronçon non utilisé". Une analyse de variance univariée appliquée à cette partition binaire permet alors de juger de l'adéquation du modèle. Les deux critères pris en compte sont la part de variance expliquée (r^2) ainsi que le degré de significativité.

En faisant varier les paramètres censés modéliser les comportements pédestres, 50 modèles ont été testés pour chaque ville. Les trois paramètres ont pris des valeurs que nous avons fixées a priori et qui sont déterminantes pour la simulation des comportements des piétons.

Le **taux d'allongement par rapport au plus court chemin**[61] correspond au contexte de choix théoriquement pris en compte par les piétons. Deux seuils sont testés, 10 et 20 % ; ainsi, on postule qu'au-delà de ces seuils d'allongement, l'individu considère que les chemins sont déraisonnables, ils n'intègrent donc pas l'ensemble de choix sur lequel fonctionne le modèle. Ces seuils sont arbitraires et évidemment discutables ; il s'agit d'ailleurs de l'un des principaux écueils des modèles de choix discrets qui donne lieu à de nombreux débats. Nous reviendrons dans le prochain chapitre sur la manière de passer outre cette technique restrictive et critiquable.

[61] - Par commodité, nous utiliserons l'abréviation TAPCC.

Le **paramètre de rationalité** μ a déjà été décrit. Les valeurs testées sont les suivantes : 0, 10, 30, 50 et 100. Le 0 simule l'absence totale de rationalité dans l'ensemble de choix considéré alors que la valeur 100, très élevée, donne lieu à des comportements excessivement rationnels et conduit presque à une affectation tout ou rien. Nous disposons ainsi d'une gamme de rationalités suffisamment large.

Le **seuil de regroupement des alternatives** ou pourcentage de longueur commune au-delà duquel les potentialités sont regroupées en clusters. Les valeurs testées, 60, 70, 80, 90 et 100 % sont relativement élevées pour éviter de générer des arbres trop hiérarchisés et peu réalistes. C'est donc le logit hiérarchique qui sera mis en œuvre mais pour évaluer les performances du logit simple, il suffira de consulter les résultats obtenus avec un seuil de 100 % (aucun regroupement des alternatives et donc pas de cluster).

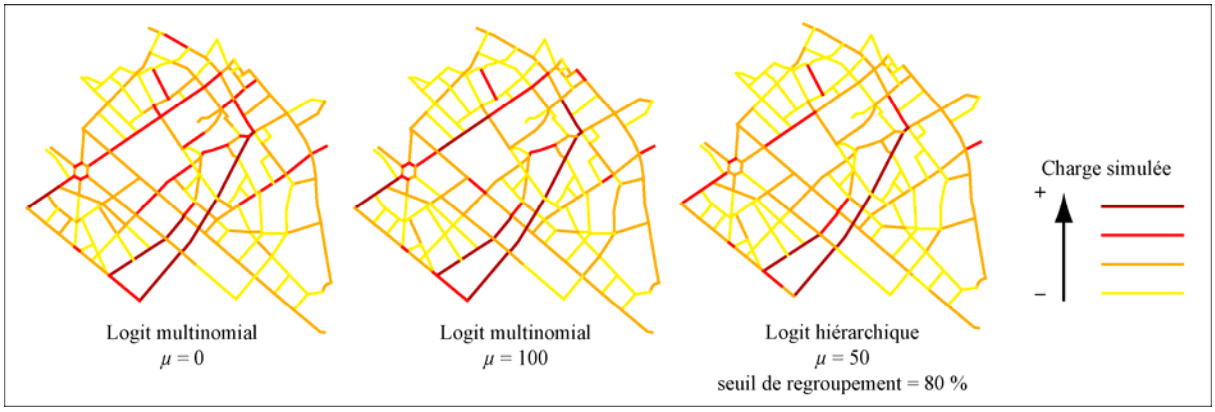


Figure 64 : Exemples de cartes de charges issues de l'application des modèles logit à Lille

La figure 64 illustre l'application de trois modèles aux origines-destinations recensées sur le site de Lille. Visuellement, les différences ne sont pas très marquantes mais on peut tout de même remarquer que le modèle sans rationalité (μ=0) donne une répartition plus homogène que le modèle à très forte rationalité (μ=100) pour lequel seuls quelques axes émergent. Passé cette observation cartographique rapide, tournons-nous vers l'analyse statistique des résultats afin de définir le modèle le plus performant.

2.1. D'un modèle prédictif des charges agrégées aux tronçons…

La première méthode d'estimation des modèles passe par une étude des résultats agrégés puisque l'on teste leur robustesse pour l'ensemble des piétons enquêtés en comparant charge théorique et charge réelle pour chaque tronçon (Piombini et Foltête, 2006). Les tableaux suivants (13 et 14) présentent les coefficients de détermination des relations statistiques.

L'ensemble des modèles fournit des résultats significatifs et, dans l'ensemble, ils fonctionnent mieux à Besançon. Il semble que le paramètre μ, qui simule la rationalité des piétons, soit le déterminant essentiel de l'amélioration des modèles. Les meilleurs résultats, à Besançon comme à Lille, sont obtenus avec un μ fixé à 50. Ceci correspond donc à une rationalité relativement forte et démontre que les piétons tendent à optimiser leur temps de trajet. Le

regroupement des alternatives quasi identiques semble n'agir que de manière secondaire en contribuant à améliorer ponctuellement les corrélations pour une valeur de μ donnée.

TAPCC 10 %		*Seuil de regroupement des alternatives*				
		60	*70*	*80*	*90*	*100*
μ	*0*	0,709	0,741	0,741	0,747	0,743
	10	0,756	0,775	0,777	0,780	0,775
	30	0,819	0,821	0,827	0,829	0,823
	50	0,834	0,832	0,842	**0,847**	0,843
	100	0,823	0,822	0,830	0,836	0,834

TAPCC 20 %		*Seuil de regroupement des alternatives*				
		60	*70*	*80*	*90*	*100*
μ	*0*	0,544	0,583	0,570	0,562	0,561
	10	0,649	0,674	0,661	0,649	0,647
	30	0,798	0,798	0,801	0,795	0,789
	50	0,831	0,829	0,837	**0,841**	0,837
	100	0,823	0,822	0,830	0,836	0,833

Tableau 13 : Intensité des relations entre charges simulées et charges réelles des tronçons à Lille (coefficients r²)

Toutefois, malgré la qualité des résultats relevés, qui confirment en partie les hypothèses de simulation, il n'est pas possible de connaître le comportement des modèles pour chaque trajet puisque les données ont été agrégées aux tronçons. Des compensations entre les erreurs issues des comparaisons entre trajets théoriques et trajets effectifs sont fortement plausibles, contribuant ainsi à accroître de manière en partie factice le pouvoir explicatif des modèles.

TAPCC 10 %		*Seuil de regroupement des alternatives*				
		60	*70*	*80*	*90*	*100*
μ	*0*	0,910	0,912	0,917	0,921	0,930
	10	0,930	0,932	0,933	0,934	0,938
	30	0,940	0,941	0,940	0,940	0,941
	50	0,941	**0,942**	0,942	0,942	0,942
	100	0,940	0,941	0,941	0,941	0,941

TAPCC 20 %		*Seuil de regroupement des alternatives*				
		60	*70*	*80*	*90*	*100*
μ	0	0,902	0,901	0,906	0,909	0,921
	10	0,929	0,930	0,930	0,930	0,934
	30	0,941	0,942	0,941	0,940	0,941
	50	0,942	**0,943**	0,942	0,942	0,942
	100	0,940	0,941	0,941	0,941	0,942

Tableau 14 : Intensité des relations entre charges simulées et charges réelles des tronçons à Besançon (coefficients r²)

Cette phase de prédiction des charges est satisfaisante et permet potentiellement de sélectionner le modèle le plus adéquat en terme de prédiction des flux. Mais notre objectif de mise en évidence des comportements pédestres n'est pas atteint. Afin d'évaluer le fonctionnement des modèles pour chaque trajet, nous proposons donc une analyse désagrégée des résultats issus de chaque modèle testé.

2.2. … à une analyse désagrégée des charges aux tronçons et par trajet

Plutôt que de raisonner sur une synthèse de l'ensemble des probabilités issues des modèles, nous proposons de passer à un niveau d'échelle inférieur afin de travailler sur les probabilités affectées à chaque trajet. Le tronçon reste toujours l'objet d'analyse ; afin de valider définitivement les modèles, nous confrontons les résultats obtenus pour chaque piéton enquêté.

Cette méthode permet de déterminer si les résultats sont réellement représentatifs des comportements observés.

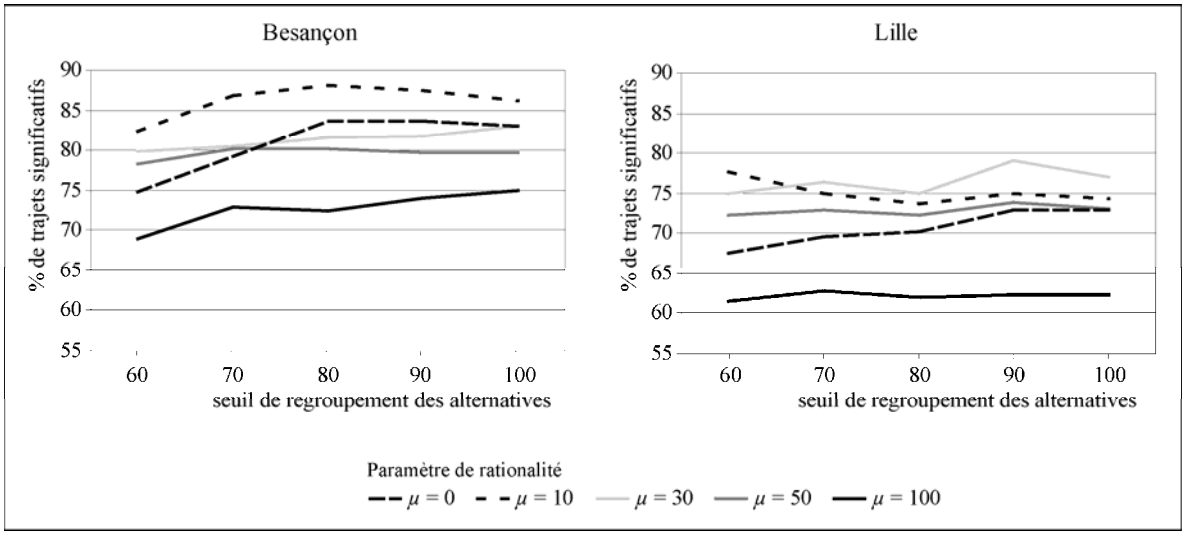


Figure 65 : Comparatif des modèles en fonction de la part de trajets significatifs (significativité, p<0,05)

Nous ne présentons ici que les modèles dont le seuil de sélection des alternatives équivaut à 20 % de la longueur du plus court chemin puisqu'ils sont les plus efficaces. Cela peut s'expliquer par le fait que certains trajets effectifs ont un taux d'allongement supérieur à 10 %. Comme le laissait supposer la phase de validation des résultats agrégés, le paramètre de rationalité μ est le plus prégnant. A nouveau, le seuil de regroupement des alternatives peut être considéré comme un paramètre secondaire mais utile puisqu'il fait progresser quelque peu les résultats.

Cependant, suivant la façon dont on peut évaluer l'intérêt des modèles, les résultats apparaissent contradictoires. En observant la part des trajets pour lesquels l'analyse de variance s'avère significative (figure 65), les faibles valeurs de μ occasionnent de meilleurs résultats, ce qui laisse supposer une assez faible rationalité. En revanche, si on considère le coefficient de détermination moyen obtenu pour tous les trajets (figure 66), ce sont les fortes valeurs de μ qui donnent lieu aux modèles les plus efficaces.

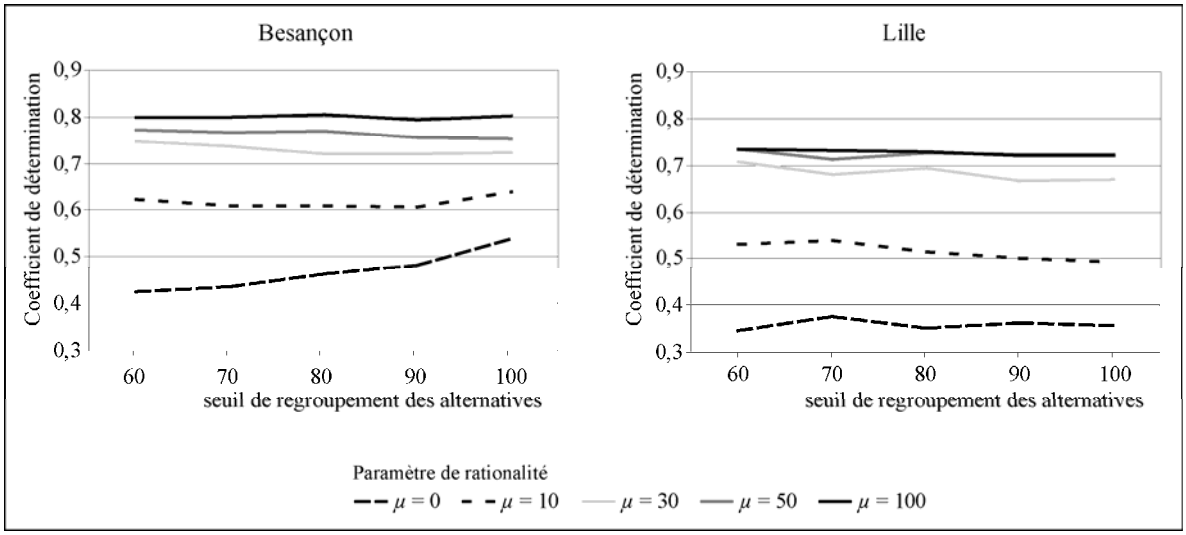


Figure 66 : Comparatif des modèles en fonction du coefficient de détermination

Il est possible d'expliquer ces constats. Avec une rationalité faible, on affecte à chaque alternative un poids identique qui permet de déterminer un ensemble des trajets possibles mais sans insister sur les alternatives dont l'utilité est la meilleure. Logiquement, les modèles de cette catégorie sont les plus aptes à expliquer un nombre de trajets maximal. Mais ils n'établissent pas une prédiction précise des comportements piétonniers qui, d'un point de vue qualitatif, sont beaucoup mieux simulés par les modèles à rationalité forte qui maximisent les différences de probabilités entre les alternatives (tableau 15).

	Besançon		**Lille**	
Modèles les plus performants en terme de…	μ de rationalité	Seuil de regroupement	μ de rationalité	Seuil de regroupement
part de trajets significatifs	10	80	30	90
coefficients de détermination	100	80	50	60

Tableau 15 : Récapitulatif des modèles les plus performants

En établissant une gradation des modèles en fonction des résultats obtenus et grâce à la finesse de l'analyse, nous pouvons donc rechercher un comportement type qui est le plus en adéquation possible avec la réalité. Encore faut-il définir les termes de cette adéquation puisqu'il faut alors choisir entre des modèles simulant le plus grand nombre de trajets possibles et des modèles plus finement corrélés à ces mêmes trajets.

2.3. Définir la valeur des choix d'itinéraires

Pour chaque origine-destination recueillie lors de l'enquête marche à pied, nous disposons donc d'un trajet effectivement emprunté et de trajets théoriques assortis de probabilités d'usage. L'agrégation au tronçon permet de déterminer la charge théorique C_t et effective C_e des tronçons, pour chaque origine-destination. Reste alors à définir une méthode permettant de tirer partie de cette double information. Nous proposons de calculer un indice très simple, que

nous nommerons "valeur du choix" V_c, qui s'applique à chaque tronçon, dans le cadre de chaque trajet. Cet indice s'obtient en soustrayant la charge prédite de la charge effective binaire, comme suit :

$$V_c = C_e - C_t$$

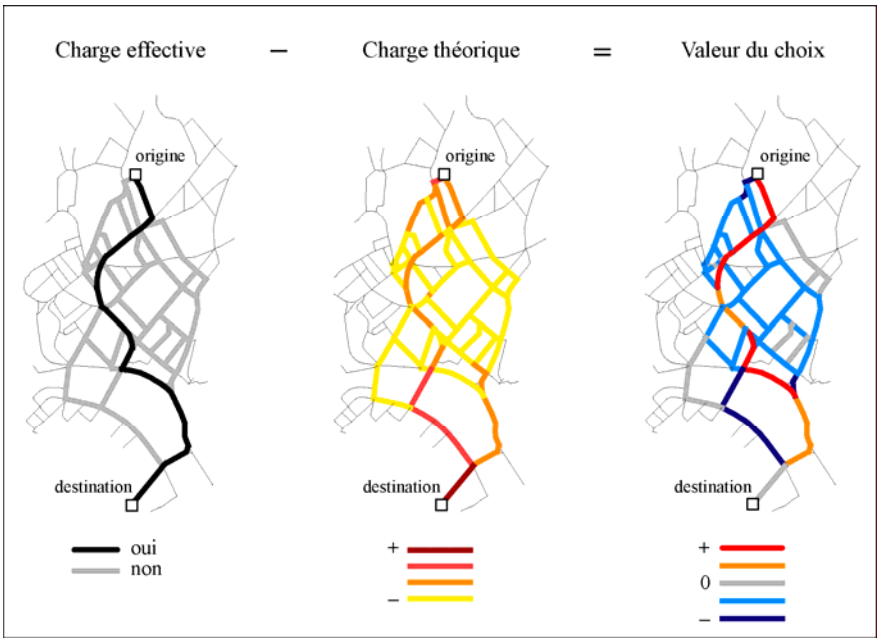


Figure 67 : Charge effective, théorique et valeur du choix pour un trajet

La figure 67 expose le résultat de ce calcul pour un trajet, sachant que nous disposons de la même information pour l'ensemble des déplacements. On rappellera ici que ces valeurs de choix sont, à l'instar des paysages, calculées pour les deux sens d'usage de chaque tronçon.

"Valeur du choix" = charge effective - charge théorique			
Cas de figure	Charge effective	Charge théorique	"Valeur du choix"
1	0	1	-1
2	0	]0,1[	]-1,0[
3	1	1	0
4	1	]0,1[	]0,1[
5	1	0	1

Tableau 16 : Détermination de la valeur du choix

Une valeur de choix relativement faible correspond à un choix attendu, prévisible ; dans le tableau 16, il s'agit du cas de figure 3. De manière inverse, un choix surprenant, atypique induira automatiquement une valeur de choix forte, positivement ou négativement (cas 1 et 5). Entre ces cas extrêmes, toutes le valeurs sont évidemment possibles (cas 2 et 4). L'indice de valeur du choix est donc borné entre -1 et +1.

A partir de cette information sur la valeur du choix des tronçons impliqués dans chaque trajet, nous avons cherché à déterminer s'il était possible de dégager une corrélation avec certains éléments paysagers.

2.4. Analyse agrégée aux tronçons de la relation paysages - valeur du choix

La première méthode qui peut être mise en œuvre consiste à agréger pour chaque tronçon les informations sur la valeur du choix. Nous proposons de calculer une moyenne de cet indice sur la base du nombre de fois où le tronçon est réellement impliqué dans un trajet, c'est-à-dire lorsque la valeur du choix est non nulle. Evidemment, il faut intégrer dans ce calcul le cas de figure 3 du tableau 16 puisqu'il témoigne d'un choix particulier des piétons, malgré la valeur du choix nulle.

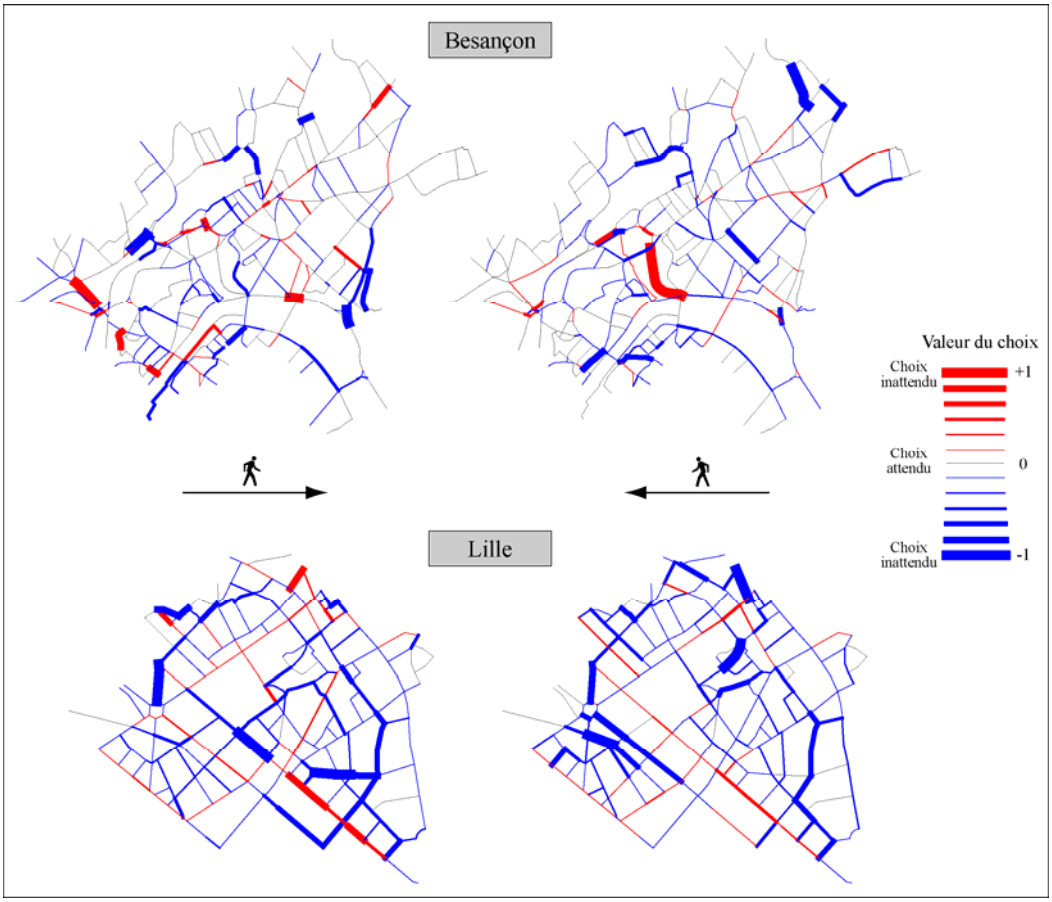


Figure 68 : Valeurs de choix moyennes des tronçons

L'information ainsi générée fournit une indication essentielle sur l'attractivité des tronçons des aires d'étude. La carte 68 laisse deviner une dissymétrie au profit des valeurs négatives ce qui paraît logique puisque le choix d'un itinéraire conduit essentiellement à rejeter des alternatives potentielles ; naturellement, cela se répercute sur les valeurs de choix des tronçons. Cette donnée est ensuite croisée avec les paysages de chaque tronçon pour détecter d'éventuelles corrélations. Dans l'ensemble, les résultats sont peu probants puisque les coefficients de

corrélations sont faibles. Quelques variables se révèlent toutefois significatives (p<0,05) comme le montrent les tableaux 17 et 18.

Variables paysagères	Corrélation *r*	Significativité *p*
Ch. De fer	-0,117	0,01
Places	0,093	0,05
Imm. Commercial	0,109	0,02
Niv. Int. Commercial	0,132	0,01

Tableau 17 : Corrélation entre moyenne de la valeur du choix et paysages à Besançon

Les variables significatives répondent à une certaine logique. A Besançon comme à Lille, la fonction commerciale et les *places* agissent positivement ; les arbres sont corrélés de manière positive uniquement à Lille. Quant aux variables négatives, il n'y a aucune concordance entre les deux villes mais on peut relever que, hormis les *pelouses*, les résultats présentés sont conformes à ce qu'on attendrait intuitivement (*chemin de fer*, *obstacles visuels*, *murs* et fonction *résidentielle*).

Variables paysagères	Corrélation *r*	Significativité *p*
Imm. Résidentiel	-0,151	0,01
Pelouses	-0,134	0,01
Obstacles visuels	-0,119	0,02
Murs	-0,107	0,05
Espaces vides	0,122	0,02
Niv. Int. Commercial	0,124	0,02
Places	1,157	0,01
Végétation	1,166	0,001
Arbres	3,180	0,001

Tableau 18 : Corrélation entre moyenne de la valeur du choix et paysages à Lille

Si les résultats sont intéressants parce qu'ils présentent des relations relativement logiques, cela ne doit pas masquer la faiblesse des corrélations mises à jour. En outre, cette analyse agrégée n'est pas pleinement satisfaisante par rapport aux objectifs que nous nous sommes fixés.

2.5. Analyse désagrégée par trajet et aux tronçons de la relation paysages - valeur du choix

La recherche de corrélations entre paysages et choix d'itinéraires a déjà révélé quelques informations intéressantes. Pour évaluer les choix individuels, nous proposons de mettre en œuvre une analyse désagrégée où chaque trajet est considéré comme une entité spécifique. Les calculs de corrélations sont ainsi effectués pour chaque trajet, en fonction de la valeur du choix attribuée aux tronçons concernés par le déplacement en question. Ainsi, le contexte paysager

réel de chaque piéton est réellement pris en compte et les calculs ne tiennent compte que de valeurs paysagères issues des tronçons retenus (figure 69).

	Valeur du choix	
Tronçons	Trajet 1	Trajet 2 ...
1	-	-0,435
2	0,184	-
3	-	-
4	0,374	0,239
5	-0,722	0,127
6	-	-
7	0,445	-0,377
8	-	0,878
9	-	-
10	-0,359	-
11	-	-
12	-	-0,672

Trajet 1	Classes paysagères	
Tronçons	Arbres	Places ...
2		
4		
5		
7		
10		

calculs de corrélation par trajet

Trajet 2	Classes paysagères	
Tronçons	Arbres	Places ...
1	25,1	12,5
4	9,6	0
5	34,9	9,7
7	0	8,4
8	57,8	0
12	0	24,7

Figure 69 : Itération des calculs de corrélation pour chaque trajet

Les valeurs de choix sont directement comparées aux paysages des tronçons qui peuvent être théoriquement empruntés pour chaque trajet. Les calculs de corrélations ne dépendent plus, dès lors, des paysages dans leur ensemble mais du contexte local de choix réellement à disposition de chaque individu. Cette solution semble optimale et élimine le biais, a priori conséquent, issu d'une analyse globale à l'échelle de la zone étudiée et qui engendre des compensations d'un trajet à l'autre.

Pour conduire ces analyses, nous avons sélectionné les valeurs de choix issues des modèles qui sont apparus comme les plus efficaces dans le chapitre précédent. Deux types de modèles ont donc été retenus pour chacune des villes étudiées : le modèle qui permet de reproduire le plus grand nombre de trajets possibles et celui pour lequel les coefficients de détermination sont les plus élevés, exprimant ainsi une meilleure description des trajets réels.

Il reste ensuite à effectuer un décompte des trajets pour lesquels chaque catégorie paysagère est significative. Nous avons choisi d'exprimer les résultats en terme de pourcentages ce qui permet de ne retenir, pour chaque classe, que les trajets pour lesquels il y a effectivement eu un calcul de corrélation. Ainsi, le nombre de trajets significatifs pour telle ou telle classe est rapporté au nombre de fois où la classe paysagère est réellement présente sur les tronçons potentiellement accessibles pour chaque trajet. Cette méthode permet de mettre sur un pied d'égalité des classes paysagères très inégalement présentes dans les zones d'étude… La classe *haie* n'est par exemple présente, à Lille, que dans 8 trajets potentiels contre 85 pour la classe *portails*. Autre exemple, le centre ville lillois, qui comporte de nombreuses *places*, occasionne un nombre important de trajets simulés qui comportent la classe *places* pour au moins un tronçon (168 trajets exactement) alors que seulement 81 trajets donnent un accès visuel à des *parkings*. En travaillant sur le nombre de corrélations significatives moyennées par le nombre

de fois où la classe est soumise à un trajet potentiel, on peut par conséquent mesurer l'influence réelle de chaque élément paysager.

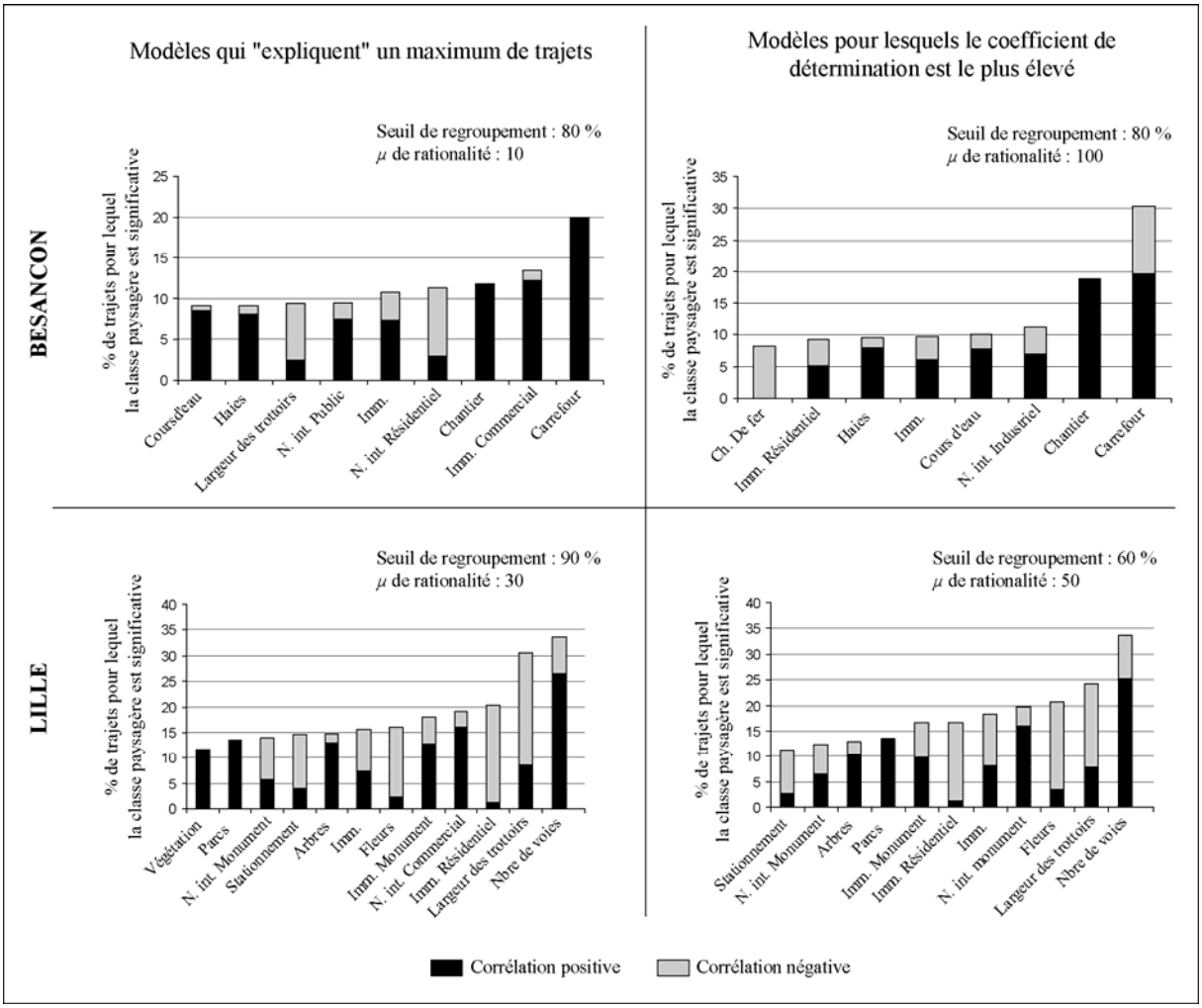


Figure 70 : Analyse désagrégée, corrélations relevées aux tronçons

Sur la figure 70 sont figurées les classes paysagères les plus significatives c'est-à-dire celles qui sont les plus souvent corrélées à la valeur du choix. Dans un premier temps, il semble difficile d'établir un parallèle entre les deux villes tant les classes qui émergent sont différentes. Cela peut notamment s'expliquer par les différences importantes qui existent d'un point de vue paysager entre les deux zones choisies et qui ont été décrites précédemment. On peut constater que c'est à Lille que les résultats sont les plus probants, bien qu'ils demeurent relativement modestes puisqu'ils n'excèdent que très rarement le seuil des 15 %. Ensuite, on remarquera que certains résultats corroborent le rôle qu'on peut intuitivement attribuer à certaines classes paysagères ; c'est le cas des classes végétales (*végétation*, *parcs*, *haies*, *arbres*), des *cours d'eau* et de la fonction *commerciale* qui agissent majoritairement de manière positive. La fonction *résidentielle* joue négativement sans doute parce qu'elle est très prégnante et donc peu remarquable. En revanche, le rôle de la fonction *monuments* est très variable ce qui semble étonnant. On remarquera aussi que nombre de classes relatives à la voirie agissent de façon inattendue. Ainsi, la *largeur des trottoirs* est un paramètre assez

nettement négatif alors que le *nombre de voies* de circulation, les *carrefours* routiers (et la présence de *chantiers* à Besançon) seraient favorables à la pratique pédestre…

Pour finir, on soulignera que pour une même ville, d'un modèle à l'autre, ce sont presque toujours les mêmes classes qui sont les plus corrélées aux trajets. Cette constance est d'autant plus remarquable que les modèles employés sont assez nettement différents. De la même façon, certains parallèles peuvent être établis d'une ville à l'autre, même s'ils sont moins systématiques.

La phase de validation du logit par les charges affectées aux tronçons et la recherche de corrélations avec les paysages par le biais de l'indice de valeur du choix ont esquissé des résultats intéressants. Cette méthode présente l'avantage de permettre un diagnostic spatial qui met en évidence les tronçons attirants et repoussants ; on s'affranchit ainsi des caractéristiques du réseau qui gênent souvent les analyses de choix d'itinéraires. La figure 71 illustre parfaitement ce propos. Sur la seule base des alternatives potentielles, le modèle logit permet d'affecter des probabilités d'usage à chaque tronçon de l'ensemble de choix. Cette méthode détecte les tronçons "obligatoires" qui ne peuvent alors être à associés à un choix fort de la part du piéton.

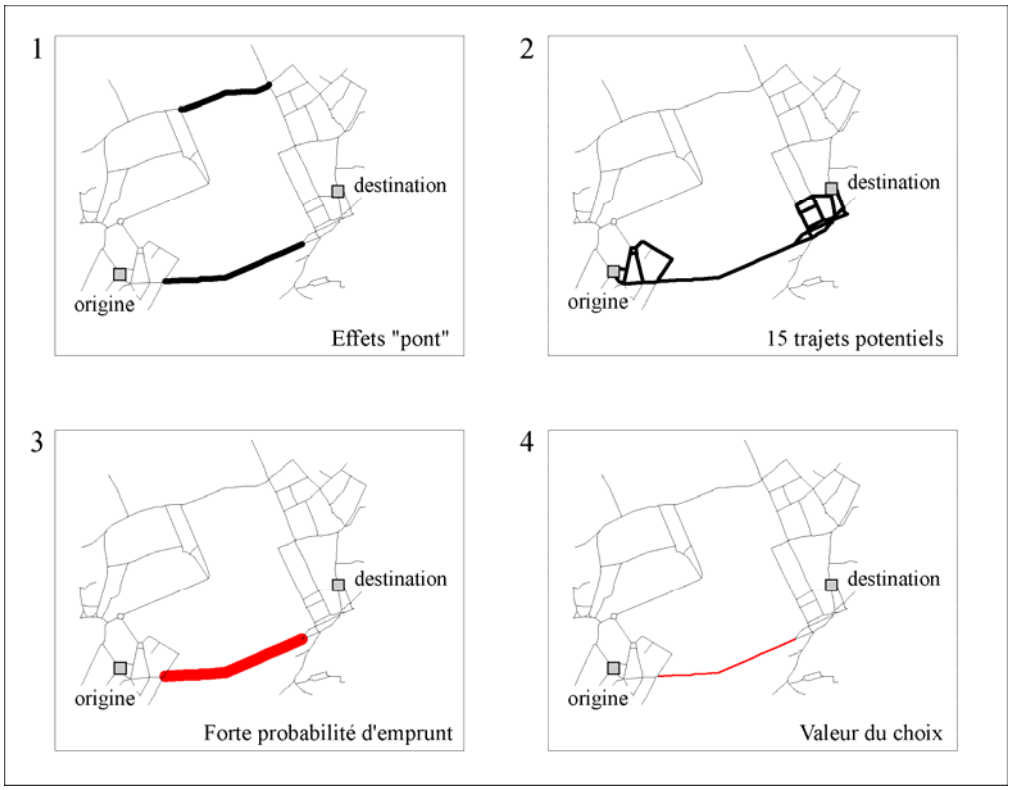


Figure 71 : Intérêt de la phase de validation aux tronçons

Lorsque l'espace est partie prenante du processus de choix, les apports de la géographie semblent donc essentiels. En intégrant ces apports à la problématique des prises de décisions, ils complètent ainsi utilement les formalismes des économistes.

3. Evaluation des modèles à partir des probabilités d'usage des trajets

Pour travailler sur les choix d'itinéraires en fonction des paysages, il faut, avant toute chose, rapatrier les informations paysagères jusqu'ici uniquement disponibles aux tronçons. La procédure retenue consiste à agréger, pour chaque trajet, les informations paysagères des tronçons le composant. Pour cela, il suffit simplement de faire une moyenne des attributs paysagers de chaque tronçon emprunté par le plus court chemin étudié. Dans le cas de la marche à pied, la longueur est assimilable au temps de trajet. Ainsi, afin de tenir compte de la durée de soumission à la vue, chaque attribut paysager est pondéré par la longueur du tronçon dont il est issu. Cette moyenne pondérée semble être la technique la plus pertinente pour reproduire ce que le piéton verrait s'il optait pour cette alternative. Le paysage P_i du plus court chemin i vaut donc :

$$P_i = \frac{\sum_{\mathrm{k}} L_{\mathrm{k}} \mathrm{x}_{\mathrm{k}}}{L_i},$$

avec k l'ensemble des tronçons le composant, L_k et L_i respectivement la longueur de chaque tronçon et de chaque plus court chemin et x l'ensemble des valeurs paysagères affectées aux tronçons k.

Cette agrégation est, dans une certaine mesure, critiquable car deux trajets peuvent obtenir un même score, pour une classe paysagère donnée, avec une succession de valeurs fondamentalement différentes. Mais c'est celle que nous retiendrons car elle est la plus simple et évidente. Les plus courts chemins disponibles pour chaque piéton sont donc dorénavant caractérisés par leur longueur mais aussi par leur composition paysagère. Ce sont ces nouvelles variables potentiellement discriminantes que nous testerons dans les différents modèles présentés ci-dessous.

3.1. La régression logistique binaire, une méthode agrégée

Nous disposons de trajets potentiellement réalisables et qui sont désormais caractérisés par un ensemble de paramètres paysagers. La première étape consiste à travailler à un niveau agrégé. La régression logistique binaire est utilisée car cette méthode est parfaitement adaptée à nos objectifs. En effet, la variable dépendante, qui correspond aux choix des piétons, est binaire. Il est donc possible d'utiliser cette technique de régression pour la croiser à des variables explicatives dont nous voulons tester la significativité (Agresti, 1990). Parmi les méthodes proposées, nous avons opté pour une régression descendante qui permet d'éliminer progressivement toutes les variables qui ne sont pas significatives. Par ailleurs, la méthode de calcul de cette significativité repose sur le test de Wald.

Identifiant du trajet	*Identifiant du PCC*	Pris/pas pris	Longueur en mètres	Probabilité P_k	Classe paysagère 1	Classe paysagère 2…
4	*1*	0	505,74	0,733	27	39
4	*2*	1	531,04	0,202	19	0
4	*3*	0	549,71	0,026	0	19
4	*4*	0	555,94	0,015	2	0
4	*5*	0	557,01	0,012	33	2
4	*6*	0	568,79	0,007	8	13
4	*7*	0	576,32	0,006	0	54
252	*1*	1	860,32	0,775	29	17
252	*2*	0	874,88	0,134	28	44
252	*3*	0	930,9	0,061	43	21
252	*4*	0	968,18	0,030	5	0
283	*1*	0	601,78	0,619	9	13
283	*2*	0	625,04	0,201	12	67
283	*3*	0	650,11	0,063	0	0
283	*4*	0	651,54	0,047	12	9
283	*5*	1	674,8	0,041	75	5
283	*6*	0	720,15	0,029	41	15

Tableau 19 : Données utilisées dans la régression logistique

Comme nous l'avons dit dans la partie précédente, l'utilisation d'une telle méthode signifie qu'il n'y aucune distinction entre les individus et que le modèle fonctionne globalement : tous les plus courts chemins sont pris en compte et ils sont comparés aux trajets effectivement pris. Les colonnes permettant de distinguer les trajets sont donc mises de côté (tableau 19). Cette méthode peut sembler inadéquate dans le cadre de l'analyse des choix d'itinéraires… elle permet néanmoins une première analyse utile des données.

3.1.1. Matrice des confusions

La régression logistique permet de calculer, pour chaque plus court chemin, une probabilité d'usage en fonction des variables introduites. Comme ces probabilités sont par définition des valeurs continues, il revient à l'utilisateur de choisir une valeur de césure pour laquelle elles seront transformées en données binaires semblables à la variable dépendante. Par exemple, si la probabilité est supérieure à 0,6, alors le chemin prend la valeur 1 et est censé être choisi selon la prédiction établie par le modèle. Une simple comparaison avec les données réelles permet de dresser une matrice des confusions (figure 72).

		Observé	
		Pris	Pas pris
Prévu par le modèle	Pris	a	b
	Pas pris	c	d

Figure 72 : Matrice des confusions

Quatre cas de figures doivent être distingués : a correspond aux vrais positifs, b aux faux positifs, c aux faux négatifs et d aux vrais négatifs. Bien entendu, les modèles les plus performants maximiseront a et d qui sont les seules prévisions adéquates.

Sur cette base, trois premiers indices peuvent être calculés.

- la sensibilité = a / (a + c) qui est le pourcentage de vrais positifs ;
- la spécificité = d / (b + d) qui est le pourcentage de vrais négatifs ;
- 1 - spécificité = pourcentage de faux positifs.

Selon les variables de césure choisies, on cherchera à parfaire le modèle. Pour cela on tentera de maximiser la sensibilité tout en minimisant le pourcentage de faux positifs sachant qu'en général, plus on augmente la détection des vrais positifs, plus le taux de faux positif croît. La performance du test est ainsi évaluée en fonction de ce double résultat.

3.1.2. Données testées

La donnée essentielle est naturellement relative à la longueur des trajets potentiels. Pour intégrer cette information, deux types de données peuvent être employées. Il est possible d'utiliser la longueur de chaque plus court chemin recensé en partant du principe que les piétons cherchent à minimiser leur temps de trajet.

Cette méthode est toutefois contestable dans la mesure où les couples dont l'origine et la destination sont les plus distants génèrent un plus grand nombre de plus courts chemins potentiels (figure 73). Si l'on ne calcule qu'un seul et unique plus court chemin, on garde une structure quasi identique aux trajets effectifs, sous réserve que les piétons aient chercher à minimiser leur trajet. Mais si l'on recense un ensemble d'alternatives potentielles, un "faisceau" de plus courts chemins comme c'est le cas pour notre méthode, cela engendre un biais relativement important. Les trajets les plus longs disposent, en effet, de multiples solutions en terme d'itinéraires, ce qui est très facilement compréhensible. En conséquence, la distribution des trajets théoriques est biaisée et engendre des plus courts chemins beaucoup plus longs. Dans ces conditions, il ne serait pas étonnant que la régression logistique binaire donne des résultats qui mettent artificiellement en valeur le rôle des distances dans le choix d'itinéraire. C'est pourquoi nous proposons d'utiliser, pour chaque ville, les probabilités issues du modèle logit le plus efficace[62] et qui sont affectées à chaque plus court chemin. Ces valeurs nous semblent adéquates dans la mesure où elles sont calculées à partir des longueurs des itinéraires tout en supprimant le biais décrit ci-dessus.

[62] - Les modèles qui expliquent un maximum de trajet ont été retenus.

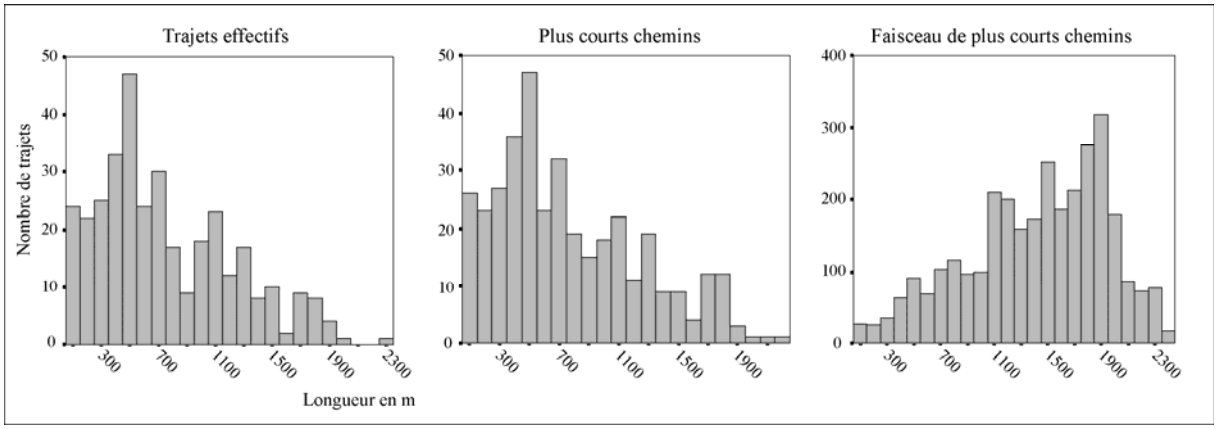


Figure 73 : Le biais du calcul des plus courts chemins multiples

Les premiers modèles mis en œuvre ne fonctionnent qu'à partir de ces deux variables, testées séparément. Les premiers résultats obtenus sont significatifs et permettent de confirmer, sans grande surprise, que les piétons cherchent à minimiser la longueur de leur itinéraire. Les calculs basés sur les probabilités issues du logit multinomial sont également satisfaisants puisqu'ils sont supérieurs aux précédents et confirment les simulations mises en œuvre dans le chapitre suivant. Certes, les piétons sont rationnels et tendent à minimiser leurs efforts, mais cette rationalité a des limites ; d'autres paramètres sont donc susceptibles d'entrer en ligne de compte, au premier rang desquels figurent les variables paysagères. L'objectif est de vérifier si l'ajout de telles variables permet d'améliorer le potentiel de prédiction des modèles testés. Pour cela, et dans un souci de clarté, nous présentons simultanément les résultats des modèles simples et des modèles prenant en compte les paysages.

3.1.3. Méthodes ROC et AUC

Sur la base des indices de sensibilité et de spécificité, nous utilisons les méthodes ROC (Receiver-Operating Characteristic) et AUC (Area Under Curve), régulièrement utilisées en écologie notamment, pour évaluer la pertinence des modèles testés[63].

Pour les mettre en œuvre, plusieurs valeurs de césure doivent être testées car elles génèrent des résultats qui diffèrent grandement. Généralement, lorsque l'on cherche à minimiser le nombre de faux positifs, le nombre de vrais positifs est également peu élevé (valeur de césure élevée). Inversement une plus grande tolérance à l'égard des faux positifs permettra de dénombrer un plus grand nombre de vrais positifs (valeur de césure plus faible). C'est à partir de ces différents seuils que les performances de prédiction des différents modèles peuvent être testées. Les valeurs obtenues représentent une courbe, appelée ROC, qui fixe l'évolution de la spécificité et de la sensibilité.

[63] - Nous nous sommes inspiré des travaux de thèse d'un de nos collègues du laboratoire ThéMA, Florian Tolle. Le lecteur pourra consulter ce travail à l'adresse suivante : http://thema.univ-fcomte.fr/rubrique25.html?type=&auteur=^11$

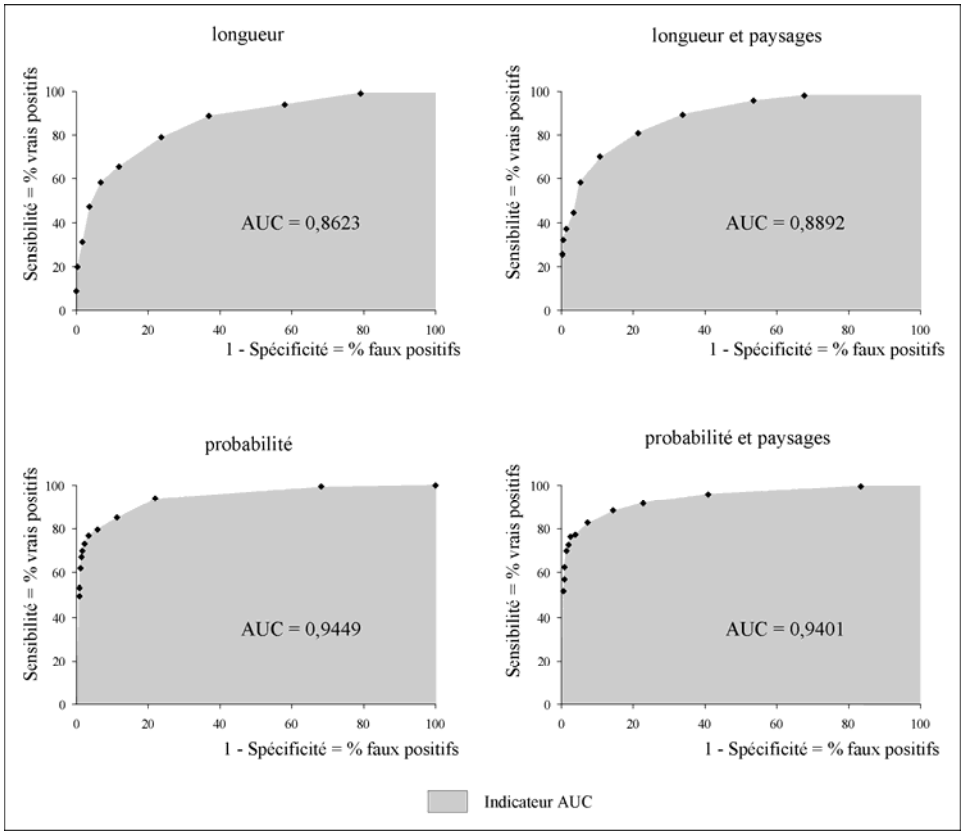


Figure 74 : Exemple de calcul de courbe ROC et de l'indicateur AUC à Besançon (pour un seuil maximal de prise en compte des plus courts chemins de 20 %)

L'indice de vrais positifs (sensibilité) correspond à l'axe des ordonnées alors que l'indice de faux positifs (1 - spécificité) est représenté en abscisses (figure 74). La courbe ROC est dessinée à partir des points qui représentent les résultats pour chaque valeur de césure. L'aire sous la courbe, ou indice AUC, mesure la performance d'ensemble du modèle. Plus cette aire est importante, plus le modèle est performant d'un point de vue global, c'est-à-dire pour l'ensemble des valeurs de césure choisies. En théorie, cet indice varie entre 0 (discrimination nulle par le modèle) et 1 (modèle parfait), avec un valeur de 0,5 correspondant à une situation de hasard. A Besançon, avec les plus courts chemins n'excédant pas 20 %[64], on constate que les résultats sont globalement bons. La pertinence du modèle de la longueur progresse avec l'introduction de variables paysagères, ce qui n'est pas le cas avec le modèle des probabilités.

	Besançon		**Lille**	
	10 %	**20 %**	**10 %**	**20 %**
Longueur	0,870	0,862	0,837	0,851
Longueur et paysages	0,888	**0,889**	0,941	**0,953**
Probabilité	0,944	**0,945**	0,935	0,920
Probabilité et paysages	0,941	0,940	0,958	**0,967**

Tableau 20 : Calcul des AUC

[64] - TAPCC = 20 %.

Le tableau 20, donnent les résultats pour les deux villes, pour les deux valeurs d'allongement des plus courts chemins et en fonction de l'introduction, ou non, des variables paysagères. On peut déjà noter une constance assez nette et très intéressante : les paysages permettent d'obtenir des résultats plus satisfaisants. Ce constat est systématique à Lille mais un peu moins pertinent à Besançon où le modèle utilisant les probabilités fonctionne mieux sans l'adjonction des paysages. Toutefois, l'indice AUC peut être complété par d'autres mesures qui permettent d'évaluer les modèles mis en œuvre. Celles-ci ont, en partie été recensées par Fielding et Bell (1997). L'indice de Kappa est l'une des mesures les plus employées en écologie, mais aussi en télédétection par exemple, pour évaluer la performance des classifications d'images. D'autres indices, l'*odds-ratio* et le *normalized mutual information* sont plus rarement utilisés car ils présentent certains inconvénients que nous ne détaillerons pas ici. L'indice de Kappa se calcul comme suit (Fielding et Bell, 1997) :

$$\textit{Indice de Kappa} = \frac{(a+d) - (((a+c)(a+b)+(b+d)(c+d))/N)}{N - (((a+c)(a+b)+(b+d)(c+d))/N)}$$

avec a, b, c, d tels que définis précédemment et N le nombre total de plus courts chemins considérés.

Si l'indice AUC, calcule une performance globale, il ne faut pas oublier qu'un modèle pourtant moins performant qu'un autre d'un point de vue global pourra être supérieur pour une valeur de césure particulière. C'est tout l'intérêt de l'indice Kappa qui permet d'évaluer la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue avec le modèle utilisé dans la régression logistique, par rapport à une situation de hasard. Le résultat, compris entre 0 et 1, s'interprète comme suit : un Kappa de 0,65 indique que le modèle permet d'éviter 65 % des erreurs qu'aurait généré un modèle neutre ou non significatif. Avec cet indice, il est donc possible de repérer si un modèle est plus efficace pour une valeur de césure particulière. Alors que l'AUC est un indice global d'efficacité du modèle, il faut considérer le Kappa comme un indice local. Il est possible de faire une courbe des valeurs de l'indice de kappa afin de repérer la valeur de césure optimale et de comparer le comportement de deux modèles. Ici, ces graphiques nous permettront de comparer les modèles de longueur ou de probabilité avec les modèles comportant les variables paysagères.

Après avoir noté, sur la figure 75 (Besançon), que les modèles avec longueur sont moins satisfaisants, quelles que soient les valeurs de césure, on prendra soin de comparer les courbes de longueur et de probabilité entre elles. A nouveau, les variables paysagères semblent apporter un supplément de précision aux modèles prédictifs, même si localement, pour certaines valeurs de césure, elles se révèlent moins avantageuses. Les modèles les plus pertinents étant matérialisés sur la figure 75, on remarquera que seul le modèle basé sur les plus courts chemins inférieurs ou égaux à 20 % et affectés d'une probabilité d'usage fonctionne mieux sans paysages.

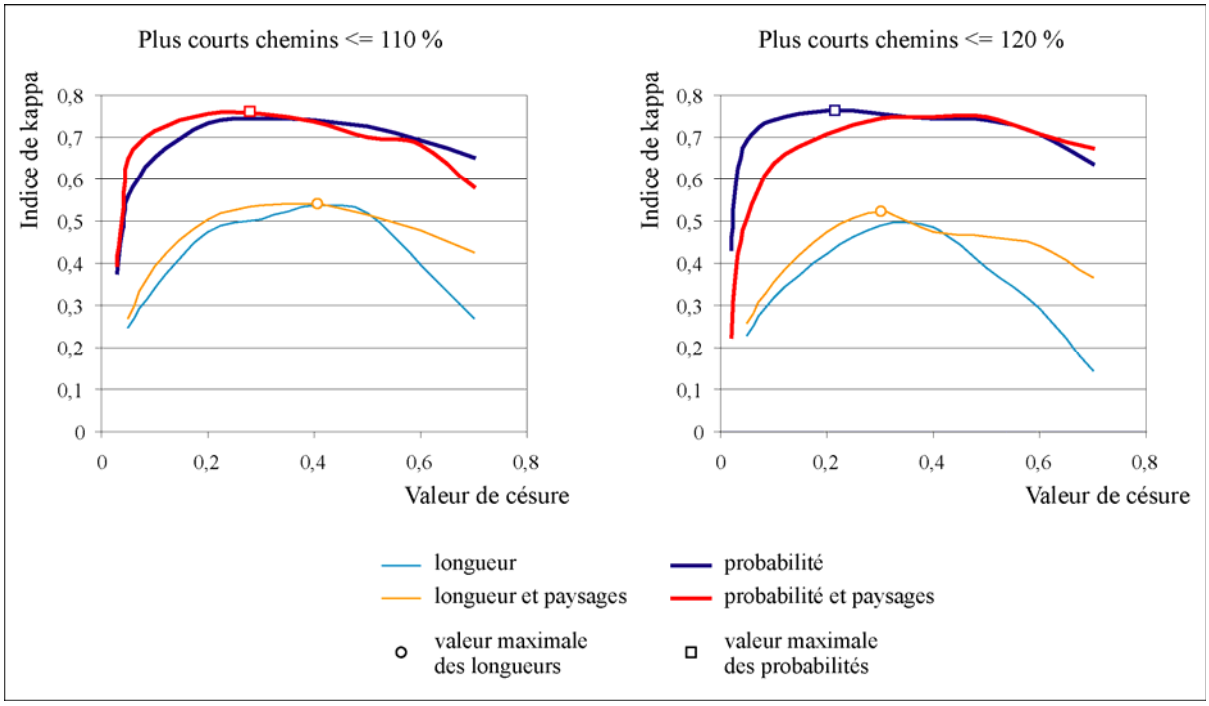


Figure 75 : Valeurs de l'indice Kappa à Besançon

Le tableau 21 présente les résultats du modèle le plus performant utilisant des variables paysagères. On peut noter le poids important, en positif, de la probabilité issue du modèle logit de choix d'itinéraires. Les variables qui agissent positivement sont les *maisons individuelles* dont la fonction est *commerciale* et les *cours d'eau*. En négatif, on trouve les *maisons individuelles* à fonction *résidentielle*, les *parkings* et les *chantiers*. Sans émettre de jugement sur les classes paysagères, on pourra affirmer que ces résultats sont en partie conformes aux attentes.

	Coefficient	Significativité
Probabilité	7,1272	0,000
Mais. Ind. Résidentiel	-0,1299	0,000
Mais. Ind. Commercial	0,7467	0,026
Cours d'eau	0,0487	0,002
Parking	-0,1378	0,000
Chantier	-0,7861	0,007
Constante	-3,9040	0,000

Tableau 21 : Modèle généré pour Besançon (seuil, 10 % ; valeur de césure, 0,3 ; probabilité et paysages)

A Lille, les résultats sont, à nouveau, très favorables aux paysages (figure 76) ; les modèles les plus performants utilisent les probabilités issues du logit et sont améliorés par l'introduction de classes paysagères.

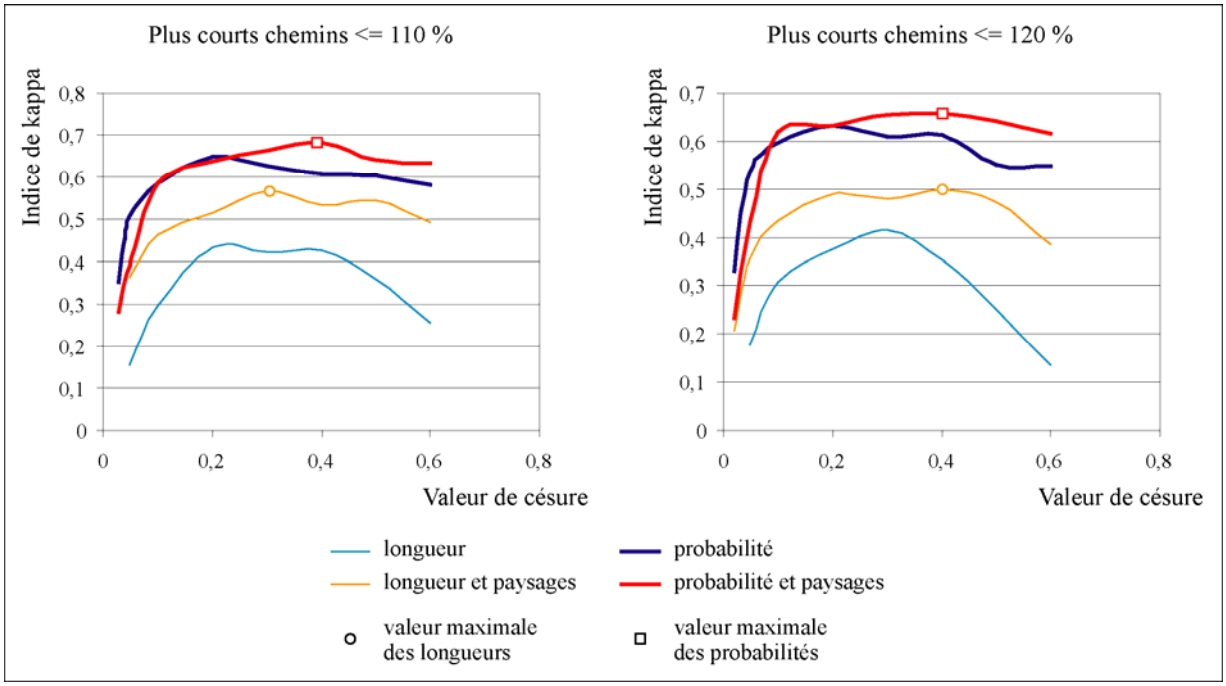


Figure 76 : Valeurs de l'indice Kappa à Lille

Le modèle le plus significatif est constitué de variables paysagères et est présenté dans le tableau 22. Les variables qui agissent positivement sont *commerciales*, pour du *bâti* de type *niveau intermédiaire* ou *immeuble*, ou fonctionnelles telles que le *nombre de voies* ou la *largeur des trottoirs*. Seule la *largeur des voies* pose question ici puisqu'en théorie, le *nombre de voies* est corrélée à la circulation et donc plutôt néfaste pour les piétons. En négatif, les fonctions *monuments* et *résidentiel* de *niveau intermédiaire* apparaissent, en compagnie des *arbustes* et des *portails*. Quelques surprises peuvent à nouveau être relevées ici. La classe *arbustes* agit défavorablement, alors que la *végétation* est un mode d'action privilégié des aménagements en faveur de la marche à pied. Il en va de même pour la fonction *monuments*.

	Coefficient	Significativité
Probabilité	8,1396	0,000
Niv. Int. Commercial	0,0692	0,000
Niv. Int. Monuments	-0,1048	0,021
Niv. Int. Résidentiel	-0,2389	0,000
Imm. Commercial	0,1114	0,050
Arbustes	-0,2231	0,011
Portails	-1,7377	0,000
Nbre Voies	1,5529	0,000
Largeur Trottoirs	3,0684	0,000
Constante	-14,2447	0,000

Tableau 22 : Modèle généré pour Lille (seuil, 10 % ; valeur de césure, 0,4 ; probabilité et paysages)

3.2. Vers une analyse totalement désagrégée

La régression logistique binaire présente le désavantage de prendre en compte tous les trajets potentiels comme un tout indivisible. Malgré les résultats convaincants qui ont été obtenus, nous ne pouvons complètement nous satisfaire de cette manière de procéder. En effet, les choix disponibles ne sont pas identiques d'un individu à l'autre. En fonction de la localisation du trajet, de l'éloignement de l'origine et de la destination, des caractéristiques du réseau, l'éventail des choix potentiels, c'est-à-dire des plus courts chemins raisonnables, n'est pas le même. A notre sens, les résultats issus de l'approche agrégée ne sont pas suffisants ; l'influence des paysages sur les choix d'itinéraires n'est que partiellement déterminée. Le choix étant exclusivement fonction des caractéristiques des différents plus courts chemins disponibles, notre objectif est donc de travailler sur les choix d'itinéraires trajet par trajet.

C'est pourquoi nous proposons d'utiliser à nouveau les deux formes de logit retenues pour évaluer l'incidence des variables paysagères. Mais cette fois, nous emploierons la méthode du maximum de vraisemblance, qui permet de tester les variables et les paramètres dans le fonctionnement même des modèles. Cette façon d'utiliser le modèle logit est plus en adéquation avec l'usage classique ; dans notre cas la méthode permettra une approche plus "comportementale" et un peu moins "spatiale" que celle développée précédemment avec les mêmes modèles. Cette méthode semble plus adaptée à notre volonté de faire émerger les paysages en tant que paramètres explicatifs des choix d'itinéraires.

3.2.1 Intégration des paysages dans la définition de l'utilité

Dans les modèles testés, nous ne retiendrons, en complément de la longueur de chaque alternative, que des variables paysagères afin de démontrer leur rôle dans les choix d'itinéraires. Bien sûr, l'idéal eût été d'ajouter des variables dont l'influence a déjà été démontrée, mais cela aurait induit une moins bonne lisibilité du rôle des paysages. En outre, le nombre de ces variables est très élevé et lié à des champs thématiques variés (variables économiques, démographiques, d'offres de transport, de structures urbaines…). Ce multidimensionnel est difficilement gérable (Bonnafous, 1989) et le modélisateur est obligatoirement conduit à faire des choix de toute façon critiquables. Souvent réalisés dans un souci de pertinence par rapport aux données issues des enquêtes, nous les effectuons ici dans le but de mettre en évidence l'importance des nouvelles variables que sont les paysages, notre approche étant davantage descriptive que prédictive. Ce choix est donc pertinent par rapport aux objectifs de notre recherche. Pour intégrer les paysages dans le modèle logit, il faut reprendre la fonction d'utilité auparavant définie à partir de la longueur de chaque alternative.

3.2.2. Méthode du maximum de vraisemblance

Rappelons avant de débuter la description de la méthode du maximum de vraisemblance que le choix d'itinéraire est synthétisé sous la forme d'une variable binaire telle que :

$$g_{ij} = \left\{ \frac{1 \text{ si l'individu } i \text{ a choisi le chemin } j}{0 \text{ sinon}} \right.$$

La méthode consiste à déterminer, pour un modèle donné, la valeur des paramètres qui maximiseront la chance de reproduire la situation observée ; dans notre cas, il s'agit des trajets recensés lors des enquêtes. Elle consiste simplement à sélectionner les variables significatives et à leur affecter des coefficients pour maximiser la probabilité de reproduire les comportements réels. On construit ainsi un modèle qui ressemble au mieux à la réalité observée. Le tableau 23 montre l'exemple d'un modèle optimisé pour trois trajets : on peut constater que les probabilités issues du modèle sont supérieures pour les itinéraires effectivement choisis parmi l'ensemble des potentialités.

Trajets	Plus courts chemins	Pris / pas pris	Probabilité
1	1	0	0,123
1	2	0	0,012
1	3	1	0,865
2	1	0	0,234
2	2	0	0,082
2	3	1	0,503
2	4	0	0,172
2	5	0	0,009
3	1	1	0,437
3	2	0	0,096
3	3	0	0,314
3	4	0	0,153

Tableau 23 : Méthode du maximum de vraisemblance

La méthode du maximum de vraisemblance vise donc à maximiser la fonction de vraisemblance $L(\beta)$ en fonction des coefficients β affectés aux variables paysagères composant l'utilité. La fonction de vraisemblance s'écrit :

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in C_n} P_i(j \mid C_n ; \beta)^{g_{ij}}$$

où N est le nombre de piétons considérés, j est l'alternative choisie par l'individu i dans son ensemble de choix Cn. Il s'agit donc du produit, pour tous les piétons considérés, des probabilités de choisir le trajet effectivement emprunté. Pour simplifier le calcul, on travaille plus fréquemment sur le logarithme, ce qui transforme le produit en somme. La formule devient donc :

$$\ln(L(\beta)) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j \in C_n} g_{ij} \ln P_i(j \mid C_n ; \beta)$$

L(β) variant entre 0 et 1, les valeurs de ln(L(β)) sont toujours négatives puisqu'elles représentent le logarithme d'un produit de probabilités : ln(L(β)) varie entre $-\infty$ et 0.

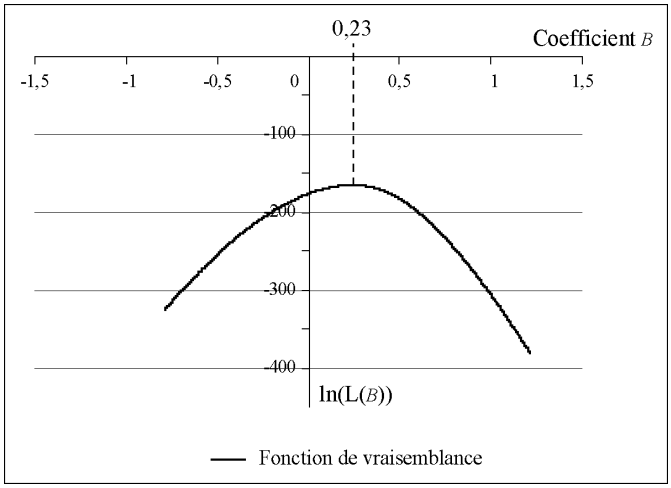


Figure 77 : Représentation graphique de la fonction de vraisemblance

La fonction du maximum de vraisemblance peut être représentée sous la forme d'une courbe concave dont le sommet permet de déterminer la valeur des β conduisant à une vraisemblance maximale. Sur la figure 77, le coefficient β qui maximise la fonction pour une variable donnée vaut 0,23. Dans la pratique, la solution n'est évidemment pas visuelle et il faut utiliser une méthode algorithmique et mathématique pour calculer les β.

3.2.3. Statistique du rapport de vraisemblance

Comme pour le F de Fisher utilisé en régression, le test du rapport de vraisemblance permet de comparer deux modèles pour vérifier s'ils sont significativement différents. Dans notre cas, cela permettra de tester l'utilité de l'adjonction d'une variable paysagère. On compare donc la valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance du modèle testé à celle d'un modèle contraint qui ne contient pas la nouvelle variable paysagère introduite. Le modèle testé avec une nouvelle variable doit contenir ce modèle qui sert de référent en reprenant exactement les mêmes variables : ils sont dits emboîtés[65]. Même s'il est possible de tester l'ajout de plusieurs variables à la fois, nous ajouterons, dans notre cas, les variables unes à unes. Le modèle référent contient donc p variables explicatives et le modèle testé $p+1$ variables explicatives.

La comparaison progressive de différents modèles emboîtés permet de déterminer le modèle logit "optimal". Si l'on considère les n variables paysagères à tester $X\{X_1, X_2, ..., X_n\}$ pour tous les piétons, on procédera en mode pas à pas, en intégrant les variables unes à unes, par ordre d'importance et seulement si elles se révèlent significatives. On aura donc :

g_0, qui est la formulation la plus simple c'est-à-dire un modèle avec une variable neutre
$g_1 = \beta_1 X_1$, modèle à une variable
$g_2 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$, modèle à deux variables
$g_3 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$, modèle à trois variables…

[65] - A ne pas confondre avec l'emboîtement des alternatives recensées dans le modèle hiérarchique.

jusqu'à l'obtention d'un modèle saturé dans lequel on ne peut plus intégrer de variables significatives. Il faut noter que l'additivité présentée ici peut être remise en question puisqu'il serait envisageable d'intégrer des termes multiplicatifs de cette manière :

$$g_1 = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2$$

où la troisième variable est en en fait le produit de deux variables. Toutefois, l'introduction d'une terme multiplicatif complique souvent l'interprétation, a fortiori lorsque l'on travaille sur des variables paysagères.

La statistique du rapport de vraisemblance, qui permet de mesurer la significativité de chaque variable X en comparant les modèles s'écrit (Ben-Akiva, Lerman, 1985) :

$$RV = 2\,(\ln(L_2) - \ln(L_1))\,,$$

avec $\ln(L_1)$ le logarithme de la fonction de vraisemblance du modèle g_1 et $\ln(L_2)$ le logarithme du modèle g_2. Cette statistique RV suit une loi du χ^2 avec r degrés de liberté. r correspond au nombre de variables ajoutées imposées entre le modèle testé et le modèle de base. Puisque que l'on procède pas à pas, en intégrant une variable à chaque itération, et que l'on teste la significativité du nouveau modèle par rapport à l'étape précédente, r sera toujours égal à 1. Si la valeur de la statistique du rapport de vraisemblance est supérieure à la valeur du χ^2 avec 1 degré de liberté, il est possible de rejeter l'hypothèse selon laquelle les deux modèles sont égaux. L'ajout de la nouvelle variable est donc validé et l'on pourra estimer sa significativité en fonction du seuil de confiance issu du χ^2. Inversement, la variable ajoutée sera considérée comme non pertinente si la statistique du rapport de vraisemblance donne un résultat inférieur à la valeur critique du χ^2 à 1 degré de liberté. Cela signifie que la variable ajoutée dans le modèle 2 n'est pas significative et n'améliore pas le fonctionnement du modèle (hypothèse de nullité du coefficient non rejetée).

3.2.4. Qualité de l'ajustement par le coefficient ρ^2

Pour évaluer la performance globale du modèle ainsi construit, on calcule le paramètre ρ^2. Ce paramètre permet de comparer la valeur de la log-vraisemblance du modèle retenu avec celle du modèle neutre dans lequel les variables explicatives sont paramétrés par des coefficients nuls (ce modèle est équiprobable car tous les itinéraires ont la même probabilité d'usage). Dans l'esprit, on peut établir une similitude entre le ρ^2 et le coefficient de détermination r^2 de la régression qui exprime le pourcentage de variance exprimée par le modèle. Toutefois, le ρ^2 a tendance à fournir des valeurs inférieures au r^2 et un ρ^2 de 0,4 sera déjà considéré comme acceptable. Le ρ^2 se calcule comme suit :

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln(L(\beta_r))}{\ln(L(0))}\,,$$

où $\ln(L(\beta_r))$ est la valeur du maximum du logarithme de la fonction de vraisemblance qui est obtenu pour le vecteur de paramètres β_r et $\ln(L(0))$ est la valeur du logarithme de la fonction de vraisemblance dans laquelle tous les coefficients du vecteur de paramètres sont nuls. Mais

cet indicateur tend à croître automatiquement avec le nombre de variables. C'est pourquoi nous utilisons le ρ^2 corrigé par le nombre de coefficients pris en compte. Ainsi, la formule devient :

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln(L(\beta_r)) - n}{\ln(L(0))}$$

Ce coefficient est borné entre 0 et 1. Une valeur de 1 correspond à un $\ln(L(\beta_r)) = 0$, c'est-à-dire à un modèle qui reproduit parfaitement les comportements observés. Une valeur de 0 indique que le modèle est neutre et qu'il ne discrimine pas les alternatives entre elles. Ce coefficient présente l'avantage de permettre des comparaisons entre modèles testés et ainsi de valider ou invalider les hypothèses émises. Cela signifie que l'on va pouvoir tester tous nos modèles en fonction d'un modèle neutre de base, l'évolution du ρ^2 permettant de vérifier la valeur des hypothèses attenantes à chaque méthode mise en œuvre.

En résumé, le processus suivi peut être décrit comme suit :

- spécification du modèle avec choix des variables. Dans notre cas, nous nous bornerons à des données paysagères, en complément des coefficients de rationalité et de regroupement dépendants de la longueur des alternatives ;
- estimation de la vraisemblance du modèle par rapport aux trajets réels et test des variables et de leur coefficient par la statistique du χ^2 ;
- test du fonctionnement général du modèle et de l'apport des variables testées par le calcul du coefficient ρ^2.

3.3. Mise en application des modèles logit pour reproduire les comportements observés

Avant d'intégrer les variables paysagères issues de l'enquête, la méthode du maximum de vraisemblance a été utilisée pour évaluer les paramètres optimaux du μ de rationalité et du pourcentage de regroupement des alternatives. Les valeurs discrètes testées sont comprises, pour chacun de ces paramètres, entre 0 et 100. Cette opération a été itérée deux fois : dans un premier temps en prenant en compte les trajets dont la longueur n'excédait pas 10 % du plus court chemin optimal puis, dans un second temps, en élevant ce seuil à 20 %.

3.3.1. Comportement général des indices de rationalité et de seuil de regroupement

Pour observer le comportement général des indices de rationalité et de regroupement, nous faisons dans un premier temps la moyenne, pour chaque valeur du paramètre étudié, des résultats obtenus avec les 101 valeurs de l'autre paramètre. Concrètement, pour la valeur de rationalité μ=0, il suffit de faire la moyenne des $\ln(L(\beta))$ obtenues avec tous les seuils de regroupement des alternatives compris dans l'intervalle [0,100]. On peut de la sorte comparer le comportement du paramètre de rationalité en fonction de toutes les valeurs du seuil de regroupement. Pour étudier le seuil de regroupement, il faut effectuer l'opération inverse. Première remarque, que ce soit à Lille ou à Besançon, les modèles semblent mieux fonctionner lorsque l'on ne retient que les alternatives dont la longueur n'excède pas 10 % par rapport au

plus court chemin optimal (figure 78). On verra un peu plus loin que cette observation doit être nuancée. Deuxième conclusion, la courbe de rationalité montre un caractère monotone qui indique que la rationalité est un paramètre "stable". C'est nettement moins vrai en ce qui concerne le seuil de regroupement dont la courbe est plus irrégulière.

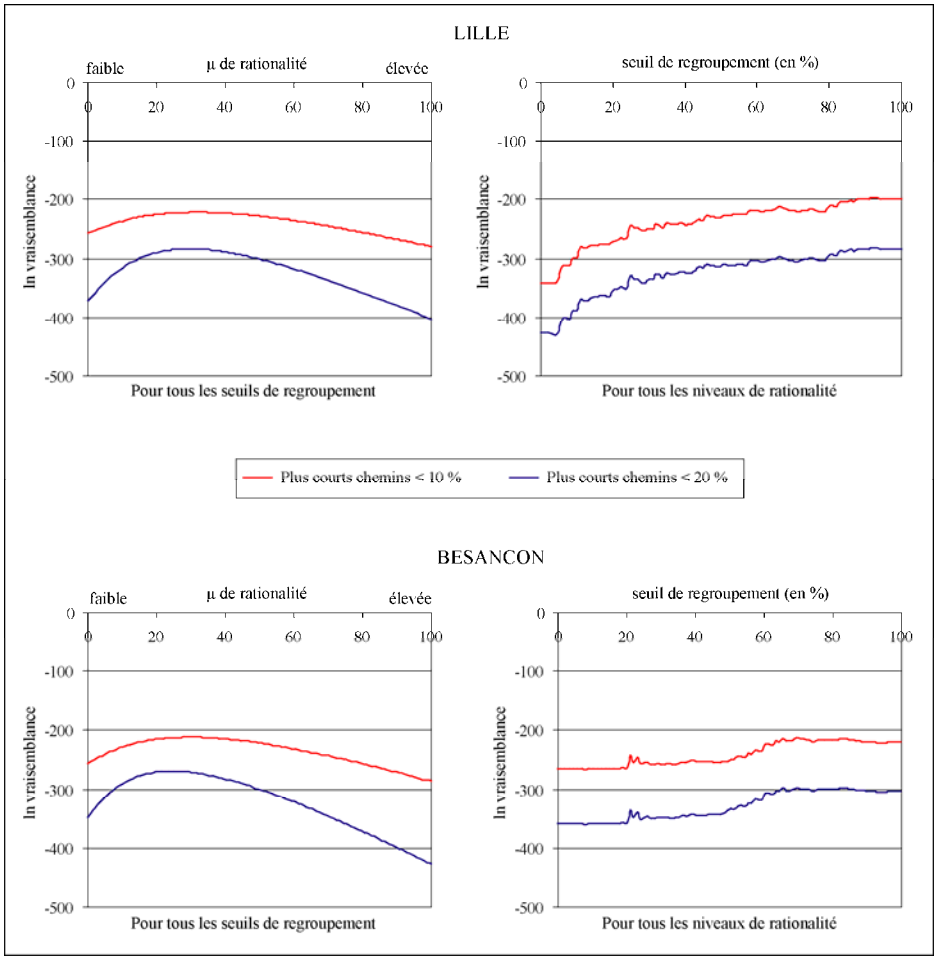


Figure 78 : Comportements des paramètres de rationalité et de regroupement

Il faut aussi noter que le paramètre de rationalité est sensible au seuil de prise en compte des alternatives. Lorsque ce dernier est fixé à 20 %, la courbe de rationalité est davantage concave, les différences sont plus marquées entre les moyennes de $\ln(L(\beta))$, ce qui indique, fort logiquement, que le paramètre de rationalité est plus déterminant dans un contexte de choix élargi. Cette observation vaut pour les deux villes, avec une légère accentuation pour Besançon. Quant au paramètre de regroupement des alternatives, il ne semble pas dépendant de ce seuil de prise en compte du contexte de choix, les deux courbes étant, pour chaque ville, quasiment symétriques. Cette observation est confortée par les valeurs affichées dans le tableau 24, puisque aucune différence n'émerge en fonction du seuil TAPCC. Remarquons simplement une différence assez nette entre nos deux aires d'étude. Le seuil de regroupement est plus faible à Besançon, cela indique une tendance plus marquée au regroupement des alternatives.

TAPCC	Besançon	Lille
10%	69	92
20%	69	92

Tableau 24 : Valeurs maximales pour le paramètre de regroupement

Avec cette méthode, on peut relever les valeurs pour lesquelles les modèles sont les plus performants. Le μ de rationalité est compris entre 24 et 31 (tableau 25), ce qui indique une rationalité moyenne ; les valeurs sont légèrement supérieures à Lille. On peut remarquer que ce paramètre est inférieur pour un TAPCC de 20 %, ce qui ne semble pas logique. Mais rappelons qu'il ne s'agit ici que de moyennes.

TAPCC	Besançon	Lille
10%	30	31
20%	24	29

Tableau 25 : Valeurs maximales pour le paramètre de rationalité

En effet, ces résultats ne donnent des indications qu'à un niveau global et il faut davantage prêter attention aux modèles qui sont ponctuellement les plus performants. Ainsi, pour chaque ville, deux modèles "optimaux" ont émergé (tableau 26) mais il ne s'agit pas de ceux dont la valeur $\ln(L(\beta))$ est maximale. En réalité, les modèles les plus performants sont ceux qui enregistrent le progrès le plus significatif par rapport à la valeur $\ln(L(0))$ du modèle neutre ; comme dit précédemment, cette information est fournie par le ρ^2. Or, la valeur du modèle neutre dont le seuil TAPCC est fixé à 20 % est plus faible (-243,56 à Besançon, -305,96 à Lille) que celle d'un TAPCC fixé à 10 % (-197,66 à Besançon, -209,88 à Lille). On peut expliquer cette différence par le fait que la phase de maximisation des modèles ne fonctionne que pour les trajets réels repérés par les calculs de plus courts chemins. Si aucune alternative potentielle ne correspond au trajet effectivement choisi, ces données ne rentrent pas en compte dans le calcul du maximum de vraisemblance car g_{jt} (variable binaire présentée plus haut) prend dans ce cas la valeur 0 pour chaque alternative. Avec un seuil TAPPC de 20 %, ce cas de figure est moins fréquent et le modèle fonctionne sur un nombre de trajets plus conséquent, d'où une valeur de $\ln(L(\beta))$ inférieure.

Si le ρ^2 est supérieur pour les modèles dont le TAPCC est fixé à 20 %, c'est donc que l'apport du paramétrage par les coefficients de rationalité et de regroupement est plus fort. C'est pour cette raison que nous retiendrons ces modèles qui, en outre, permettent de travailler sur un plus grand nombre de trajets réels, le seuil de 10 % étant en effet plus restrictif.

Les coefficients de rationalité et de regroupement n'affichent pas les mêmes valeurs que celles obtenues lors de la phase de validation basée sur les charges des tronçons (tableau 26). Les valeurs de regroupement, et surtout de rationalité, se caractérisent par des divergences. Ainsi, les modèles qui reproduisent le mieux les choix d'itinéraires ne sont pas les mêmes que ceux qui reproduisent le plus fidèlement les charges observées aux tronçons.

TAPCC	μ de rationalité	Seuil de regroupement	Stat ln($L(\beta)$)	ρ^2
LILLE				
10 %	37	92	-174,23	0,194
20 %	33	92	-226,42	0,210
BESANÇON				
10 %	30	75	-158,38	0,165
20 %	25	75	-191,49	0,257

Tableau 26 : Calcul des coefficients de rationalité et de regroupement par la méthode du maximum de vraisemblance

Par ailleurs, Besançon et Lille affichent des niveaux de rationalité mesurée des piétons relativement semblables mais diffèrent toutefois assez nettement en ce qui concerne le seuil de regroupement des alternatives. Ce seuil élevé de regroupement démontre que le piéton lillois a plutôt tendance à ne pas regrouper les alternatives, sauf si elles sont extrêmement semblables. On notera que ce constat peut paraître surprenant car le nombre de plus courts chemins enregistrés pour chaque trajet recensé est plus élevé à Lille qu'à Besançon : au seuil TAPCC de 10 %, 6,3 plus courts chemins sont en moyenne disponibles à Besançon contre 10,6 à Lille ; au seuil de 20 %, on en recense 8,5 à Besançon contre 19 à Lille. Mais la configuration viaire du réseau lillois, régulièrement maillée, est peu soumise à l'effet "pont" ce qui n'est pas le cas à Besançon, où le réseau est moins efficace et les itinéraires plus semblables.

On peut constater, pour finir, que le ρ^2 progresse faiblement ce qui est décevant : les modèles sélectionnés se démarquent peu des modèles neutres. Toutefois, les restrictions introduites par le seuil TAPPC (de 20%) peuvent expliquer cette observation : les modèles fonctionnent sur des ensembles de choix considérablement réduits. Un tri très restrictif a déjà été effectué et le modèle neutre qui sert de référent intègre déjà, d'une certaine manière, les longueurs.

3.3.2. La longueur des trajets est-elle perçue de manière linéaire ?

Jusqu'à présent, la longueur a été considérée comme une variable perçue linéairement. La transformation de box-cox permet de tester plusieurs types de perception (voir par exemple Blayac et Causse, 2001 ; Ben-Akiva et Lerman, 1985). Couramment utilisée, cette procédure transforme, dans le cadre d'un modèle logit, la valeur des variables définissant l'utilité. Elle permet d'affiner le concept d'utilité en abandonnant la forme linéaire utilisée par défaut ; dans notre cas, nous avons testé une transformation de la longueur des plus courts chemins testés. La longueur C_k est modifiée de la manière suivante :

$$C_k(\gamma) = \begin{cases} (C_k^{\ \gamma} - 1)/\gamma & si\ \gamma \neq 0 \\ \ln C_k & si\ \gamma = 0 \end{cases}$$

Le terme supérieur est appliqué si $\gamma \neq 0$ tandis que la variable prend une forme log-linéaire via le terme inférieur si $\gamma = 0$. Il est ainsi possible de tester différentes configurations en changeant les valeurs du paramètre γ, ce qui permet de faire varier la forme fonctionnelle de l'utilité (Blayac, 2003). Si $\gamma = 1$, cela implique que l'utilité n'est pas transformée et reste

linéaire. En revanche, pour toutes les autres valeurs de γ, la fonction prend une forme non linéaire supposée plus en adéquation avec la perception des piétons. En effet, on peut imaginer qu'une différence de 50 mètres entre deux itinéraires longs d'environ 2 kilomètres n'a pas la même valeur que pour deux trajets d'environ 200 mètres. Si l'on postule que les piétons ne perçoivent pas linéairement la différence de coût entre deux alternatives, il reste néanmoins à définir cet écart de perception (figure 79).

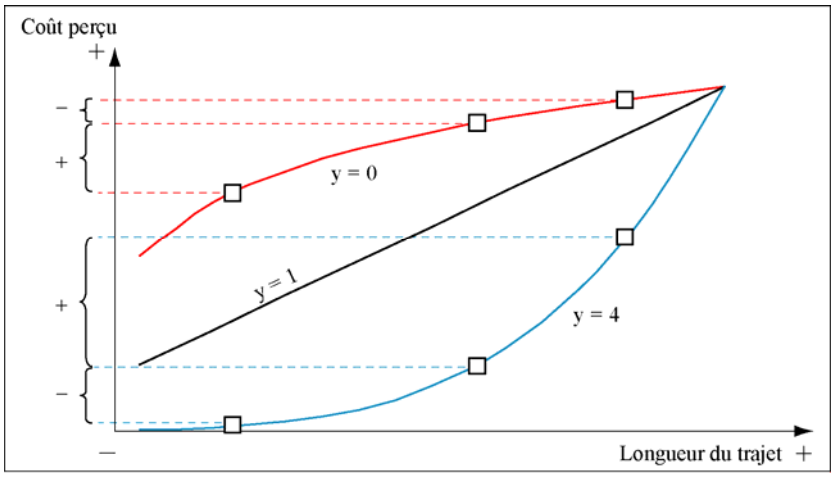


Figure 79 : Transformation de la longueur par la formule de box-cox

Pour un γ compris entre 0 et 1, cette différence agit en faveur d'une distinction nette pour les trajets courts, le coût augmente davantage au début d'un trajet, puis de moins en moins au fur et à mesure de l'allongement du parcours. Ainsi, plus le piéton effectue un trajet long, moins celui-ci est capable d'appréhender les différences entre itinéraires relativement similaires. Dans ce cas et pour reprendre notre exemple, la différence de 50 mètres paraîtra forte pour les trajets de 200 mètres et dérisoire pour ceux de 2 kilomètres. Intuitivement, cette solution semble la plus fiable et en concordance avec la réalité.

Lorsque γ est supérieur à 1, ce sont les trajets longs dont le coût est le mieux différencié. A priori, il est moins aisé de saisir une telle démarche qui exacerbe les différences pour les longs trajets. On peut toutefois comprendre que pour un trajet long, tout allongement, même faible, paraîtra très coûteux alors que pour un trajet court, un allongement de 50 mètres ne nécessite pas une débauche d'énergie excessive.

Pour synthétiser, on peut affirmer qu'un γ compris entre 0 et 1 met l'accent sur la capacité de distinction des différences entre alternatives, variable suivant la longueur, tandis qu'un γ supérieur à 1 montre que les piétons seront d'autant plus rationnels qu'ils effectuent un long trajet déjà coûteux en terme d'efforts. L'intérêt théorique de la démarche est indéniable puisqu'en testant plusieurs valeurs de γ, on peut explorer ces types de comportements pédestres et faire varier les différences de perception entre toutes les alternatives potentielles, pour chaque trajet.

Des tests ont été menés en faisant varier ce paramètre γ et le paramètre de rationalité μ, pour des seuils de regroupement maintenus constants. Le tableau 27 présente les résultats obtenus.

Les lignes supérieures de chaque ville correspondent aux modèles optimaux dont nous disposions jusqu'à présent : le coefficient γ est égal à 1 ce qui maintient la forme linéaire de la longueur. On constate que, pour les deux aires d'étude, des valeurs de γ supérieures à 1 ont permis d'améliorer le résultat de la fonction de vraisemblance $\ln(L(\beta))$. Celle-ci est supérieure aux modèles testés sans transformation de la variable longueur. Ces résultats constituent donc une information très intéressante sur la perception des piétons : ceux-ci appréhendent la longueur de manière non linéaire. Plus la longueur augmente, plus le coût perçu s'accroît. Toutefois, dans la suite de notre travail, nous utiliserons par commodité la forme linéaire et donc non transformée de la longueur.

TAPCC	μ de rationalité	Seuil de regroupement	Coefficient γ	Stat $\ln(L(\beta))$
LILLE				
20 %	33	92	1	-226,42
20 %	28	92	1,5	-221,18
BESANÇON				
20 %	25	75	1	-191,49
20 %	17	75	1,4	-185,52

Tableau 27 : Résultats du modèle après transformation par la formule de box-cox

Ces premiers résultats ont permis de sélectionner les modèles les plus efficients pour chaque ville, sur la seule base des longueurs d'itinéraires. Ils démontrent que les comportements piétonniers ne sont pas identiques d'une ville à l'autre. Pour l'expliquer, on peut se tourner, comme nous l'avons fait, vers les différences de configurations des réseaux. Mais on peut aussi imputer ces divergences de comportements au fait que d'autres caractéristiques des trajets entrent en ligne de compte dans les choix d'itinéraires. C'est pourquoi nous allons tester l'ajout de variables paysagères au modèle logit.

3.3.3. Regroupement des alternatives en fonction des paysages

Pour commencer, nous proposons une autre manière de regrouper les alternatives similaires, qui n'étaient jusqu'ici calculées qu'à partir du pourcentage de longueur en commun. Sur la base de nos hypothèses paysagères, nous proposons de compléter la règle de regroupement par un degré de ressemblance paysagère. Ainsi, le logit hiérarchique continue à fonctionner selon les principes énoncés au début de ce chapitre mais est assorti d'un seuil paysager en deçà duquel les alternatives sont également considérées comme identiques. Pour ne conserver que les trajets réellement identiques, ce seuil doit pouvoir s'appliquer à toutes les classes étudiées. Pour un seuil de 5 %, deux itinéraires seront définis comme identiques si, et seulement si, les différences de valeur pour chaque classe paysagère n'excèdent jamais ce pourcentage ; dans le tableau 28, les trajets 3 et 5 remplissent cette condition et sont rattachés au cluster dont le trajet 1 est référent.

Trajets	Niv. Int. Com.	Niv. Int. Rés	Arbustes	…
1	**27**	**64**	**11**	**…**
2	78	63	10	…
3	25	69	10	…
4	0	34	15	…
5	28	66	12	…

Tableau 28 : Formation d'un cluster paysager pour un seuil de regroupement inférieur ou égal à 5 %

Cette nouvelle hypothèse est fortement contraignante puisqu'elle s'applique à toutes les classes paysagères. En définitive, elle agit en marge du regroupement classique par les longueurs en complétant la règle de formation des clusters. Ainsi, si deux itinéraires n'ont pas été regroupés car leur longueur commune n'est pas assez forte, ils feront tout de même partie du même cluster si leur qualification paysagère est suffisamment semblable pour que le piéton ne les distingue pas. Les pourcentages de ressemblance paysagère testés sont compris entre 0 et 15 %, pour toutes les valeurs de rationalité et de pourcentage de longueur commune possibles.

% de ressemblance paysagère	μ de rationalité	Seuil de regroupement	Stat ln($L(\beta)$)
0	33	92	-226,42
1	33	91	-228,06

Tableau 29 : Résultats du pourcentage de ressemblance paysagère à Lille

A Lille, cette nouvelle règle de regroupement ne permet pas d'améliorer les résultats obtenus par rapport au meilleur modèle défini précédemment (tableau 29). On pourra l'expliquer par le fait que les paysages lillois sont assez monotones et qu'il est difficile pour le piéton d'établir des concordances entre les itinéraires.

% de ressemblance paysagère	μ de rationalité	Seuil de regroupement	Stat ln($L(\beta)$)
0	25	75	-191,49
2	**25**	**82**	**-189,20**

Tableau 30 : Résultats du pourcentage de ressemblance paysagère à Besançon

En revanche, un seuil de 2 % de ressemblance paysagère fait progresser quelque peu la statistique de vraisemblance à Besançon, où les paysages sont davantage diversifiés (tableau 30). Ce pourcentage très faible indique que les trajets doivent être quasi identiques pour que le modèle donne des résultats satisfaisants. Par ailleurs, on peut constater que l'introduction de cette valeur permet fort logiquement de relâcher quelque peu le pourcentage de longueur commune minimale. Le progrès enregistré est certes modeste mais il constitue une base sur laquelle pourront porter des travaux futurs. En tout état de cause, l'information mise

au jour est d'importance : elle indique que les paysages peuvent jouer un rôle dans les stratégies de regroupement des trajets identiques.

3.3.4. Intégration des paysages dans la définition de l'utilité et résultats des modèles

L'utilité permet de définir la préférence d'un individu pour une alternative parce qu'elle lui procurera une satisfaction supérieure ; cela implique de définir les caractéristiques de chaque alternative prise en compte. De nombreux attributs peuvent être inclus dans la fonction d'utilité alors que, dans la pratique, ils sont restreints et essentiellement techniques. Ainsi, les paysages sont rarement utilisés pour déterminer l'utilité des itinéraires. Nous posons donc qu'il existe des fonctions des valeurs paysagères $v_1, v_2, ..., v_n$ telles que, dans un choix binaire $\{x,y\}$ par exemple, l'alternative $x = (x_1,..., x_n)$ composée de *n* caractéristiques paysagères sera préférée à l'alternative $y = (y_1,..., y_n)$ si et seulement si :

$$\sum_{i=1}^{n} v_i\,(x_i) > \sum_{i=1}^{n} v_i\,(y_i)\,.$$

Ces vecteurs d'attributs paysagers sont dorénavant intégrés au coût de l'alternative C_k, en complément de la longueur. Cela modifie donc la définition de l'utilité que nous avons jusqu'à présent employée et dont nous rappelons la formule :

$$U_k = \mu \cdot C_k$$

Le piéton est toujours supposé choisir l'itinéraire dont l'utilité est la plus forte mais le coût n'est plus uniquement dépendant de la longueur du trajet ; les variables paysagères sélectionnées pour intégrer le modèle sont censées contribuer à la perception du coût des plus courts chemins par les piétons. Par ailleurs, le changement principal, outre l'intégration de nouvelles variables, réside dans le rôle du coefficient μ. Celui-ci peut toujours être considéré comme un coefficient de rationalité mais l'on comprend bien que cette rationalité est fondamentalement différente puisqu'elle porte désormais sur des caractéristiques plus qualitatives et multidimensionnelles. Pour les besoins du calcul, ce coefficient prendra par défaut la valeur de 1. Le seuil de regroupement est également maintenu constant et paramétré en fonction des valeurs révélées par les modèles optimaux basés sur les seules longueurs. La phase de calage du modèle porte donc uniquement sur les coefficients affectés à la longueur des itinéraires et aux variables paysagères.

Par ailleurs, on notera que la fonction d'intégration des variables paysagères prend une forme additive et donc linéaire. Cela signifie que l'utilité générale de l'itinéraire sera égale à la somme des utilités partielles dépendantes des différentes caractéristiques de l'alternative. Celles-ci correspondent à la longueur et à la valeur de chaque classe paysagère, sous réserve qu'elles soient pertinentes c'est-à-dire significatives dans le processus de choix des individus. Avec l'additivité de l'utilité, on considère donc que le jugement global d'un individu est constitué de plusieurs jugements partiels ce qui conduit inéluctablement à des situations de conflits entre variables (Costermans, 2001), surtout lorsqu'elles sont nombreuses, mais aussi à

un système de compensation dont on pourrait discuter le bien fondé. C'est néanmoins cette forme que nous retiendrons pour tester les variables paysagères.

Les modèles fournissent les résultats exposés dans les tableaux 31 et 32. L'ajout progressif des variables est présenté afin de constater l'évolution du coefficient ρ^2. Par ailleurs, nous avons restreint le nombre de variables paysagères à six ; ce choix, qui peut sembler arbitraire, a été effectué afin de conserver un modèle réaliste[66]. Les résultats démontrent fort logiquement que les paysages interviennent toujours en second lieu, après la longueur, dans les choix d'itinéraires des piétons. Cela correspond à l'idée intuitive selon laquelle les piétons minimisent leurs efforts avant de cherchent à agrémenter leur trajet.

L'ajout des classes paysagères tend à maximiser la probabilité de trouver le trajet effectivement choisi par chaque individu. Progressivement, le ρ^2 atteint un niveau plus acceptable, même si le modèle bisontin demeure limité comparativement au modèle lillois.

Paysages	**Modèle**	**Coefficients**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat χ^2**	**ρ^2**
Variable neutre	0	-	-243,56	-	0
Longueur	1	-24,78	-191,28	0,001	0,206
Longueur	2	-25,12	-183,62	0,001	0,238
Places		3,31			
Longueur	3	-24,98	-179,37	0,01	0,251
Places		3,28			
Cours d'eau		0,65			
Longueur	4	-24,73	-176,55	0,05	0,259
Places		3,17			
Cours d'eau		0,77			
Niv. Int. Industriel		-3,55			
Longueur	5	-24,12	-174,56	0,05	0,263
Places		3,18			
Cours d'eau		0,92			
Niv. Int. Industriel		-3,53			
Mais. Ind. Résidentiel		-1,48			
Longueur	6	-23,32	-172,07	0,05	0,269
Places		3,19			
Cours d'eau		1,07			
Niv. Int. Industriel		-3,53			
Mais. Ind. Résidentiel		-1,94			
Parkings		-1,42			

Tableau 31 : Le modèle logit paysager à Besançon

Les variables paysagères retenues à Besançon sont les *places* et *cours d'eau* en positif et les *parkings*, fonctions *industrielles* et *résidentielles* selon différentes tailles de *bâti*, en négatif. Les paysages qui jouent un rôle dans les choix d'itinéraires à Lille sont assez différents. On retrouve uniquement la classe *places* qui agit également de manière positive. Dans le rôle

[66] - Principe de parcimonie du modèle.

d'attracteur, elles sont complétées par les *monuments* de grande taille, les *commerces* et le *nombre de voies*. En négatif, on trouve les *portails* et, étonnamment, la *largeur des trottoirs*. On peut aussi remarquer que le modèle logit de Besançon est restreint à cinq variables paysagères, en complément de la longueur, car aucune autre ne s'est révélée significative. Cela peut paraître étonnant au regard de la variété paysagère bisontine : les comportements semblent moins dépendants des paysages.

Paysages	**Modèle**	**Coefficients**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat χ^2**	ρ^2
Variable neutre	0	-	-305,96	-	0
Longueur	1	-33,38	-226,24	0,001	0,257
Longueur	2	-31,97	-200,01	0,001	0,340
Niv. Int. Commercial		2,03			
Longueur	3	-32,23	-192,05	0,001	0,363
Niv. Int. Commercial		1,99			
Nbre de voies		1,12			
Longueur	4	-32,25	-187,37	0,01	0,375
Niv. Int. Commercial		1,98			
Nbre de voies		1,15			
Largeur des trottoirs		-0,97			
Longueur	5	-32,04	-182,80	0,01	0,386
Niv. Int. Commercial		1,89			
Nbre de voies		1,27			
Largeur des trottoirs		-1,01			
Portails		-4,61			
Longueur	6	-32,51	-180,13	0,05	0,392
Niv. Int. Commercial		1,90			
Nbre de voies		1,29			
Largeur des trottoirs		-1,07			
Portails		-4,54			
Imm. Monuments		3,11			
Longueur	7	-32,88	-176,89	0,05	0,399
Niv. Int. Commercial		1,91			
Nbre de voies		1,36			
Largeur des trottoirs		-1,07			
Portails		-4,56			
Imm. Monuments		3,03			
Places		1,05			

Tableau 32 : Le modèle logit paysager à Lille

Le calcul a permis de retenir les variables significatives et d'estimer les coefficients de telle sorte que le modèle comportemental ainsi créé reproduise du mieux que possible la situation observée. Néanmoins, il nous a semblé intéressant d'effectuer un calcul univarié de l'incidence de chaque classe paysagère (tableaux 33 et 34). En effet, le modèle de logit multivarié tel qu'il a été appliqué, conduit à ne pas sélectionner des variables qui sont corrélées, ce qui satisfait en

partie au besoin de cohérence du modèle[67]. Dans ce cas, certaines variables n'ont pas été retenues parce qu'elles sont redondantes avec celles déjà sélectionnées. Cela ne signifie pas pour autant qu'elles ne jouent aucun rôle. Nous avons donc mis en œuvre le logit afin de tester de manière exhaustive l'influence de chaque variable prise une à une, indépendamment de leurs interactions[68] mutuelles qui peuvent masquer certains liens avec les paysages.

Paysages	**Coeff.**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat. χ^2**
Places	3,94	-226,90	0,001
Parkings	-2,18	-235,89	0,001
Niv. Int. Industriel	-1,2	-239,03	0,01
Pelouses	-2,85	-239,13	0,01
Niv. Int. Commercial	0,84	-240,14	0,01
Niv. Int. Public	-1,97	-240,14	0,01
Stationnement	-1,98	-240,17	0,01
Imm. Industriel	-1,59	-240,90	0,05
Relief	0,93	-241,22	0,05

Tableau 33 : Méthode univariée, classes significatives à Besançon

Les résultats sont cohérents avec ceux des modèles comportementaux au sens où les classes significatives sont nettement moins nombreuses à Besançon. On notera, en outre, que les variables sont essentiellement négatives, quelle que soit la ville étudiée, ce qui indique que les paysages jouent plus un rôle d'évitement que d'attraction. A Besançon, on retrouve en positif certaines classes du modèle multivarié ; le *relief* vient compléter cette gamme de variables attractives. En négatif, la fonction *industrielle* est à nouveau mise en évidence au côté des fonctions *résidentielles* et *publiques* et des classes *pelouses*, *parkings* et *stationnement*.

Paysages	**Coeff.**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat. χ^2**
Niv. Int. Commercial	2,33	-243,07	0,001
Portails	-1,27	-284,08	0,001
Niv. Int. Public	-2,91	-287,70	0,001
Imm. Monuments	1,67	-289,75	0,001
Niv. Int. Industriel	-0,44	-290,20	0,001
Imm. Résidentiel	-2,97	-292,78	0,001
Largeur des trottoirs	-1,13	-294,35	0,001
Niv. Int. Résidentiel	-0,88	-294,58	0,001
Murs	-3,83	-294,73	0,001
Stationnement	-1,31	-299,55	0,001
Nbre de voies	0,76	-299,84	0,001
Arbres	0,75	-301,28	0,01
Imm. Public	-2,24	-301,32	0,01
Fleurs	-1,74	-302,19	0,01
Arbustes	-3,51	-302,40	0,01
Haies	-0,78	-303,52	0,05

Tableau 34 : Méthode univariée, classes significatives à Lille

[67] - De la même manière que pour les modèles de régression multiple (Bonnafous, 1989).
[68] - Comme la colinéarité par exemple.

A Lille, les fonctions *commerciales* et *monuments*, pour certains types de *bâti*, sont attractives. Les *arbres* sont également recherchés dans le cadre des choix d'itinéraires, au côté de la classe *nombre de voies*, ce qui est étonnant mais avait déjà été mis en évidence dans les analyses précédentes. Les variables répulsives sont plus nombreuses ; elles regroupent presque toutes les fonctions qui ne sont pas *commerciales* et plusieurs classes de la catégorie *végétation* et *obstacles visuels*. Comme dans la partie sur les valeurs de choix, le *largeur des trottoirs* apparaît en négatif ce qui ne va pas sans soulever des questionnements.

3.3.5. Vers une distinction des comportements

Un certain nombre de données issues de l'enquête marche à pied vont nous permettre de raffiner quelque peu notre analyse des comportements pédestres en distinguant des sous-groupes d'individus. En effet, l'échelle des préférences paysagères est très subjective car liée aux caractéristiques des individus. Le sexe, l'âge, le motif du déplacement semblent devoir jouer sur les représentations liées au déplacement pédestres et, au-delà, sur les préférences paysagères. L'hypothèse est que des préférences plus nettes et peut-être spécifiques seront révélées au sein des groupes "homogènes" de la population. Nous n'aborderons toutefois pas ici les caractéristiques culturelles ou sociales toujours plus difficiles à appréhender et sur lesquelles nous ne disposons pas d'informations précises.

Nous n'avons pas cherché à intégrer les caractéristiques utilisées ici directement dans le modèle logit, comme cela se fait habituellement. Avec cette méthode, il est possible de déterminer si l'âge est, par exemple, une variable influençant les choix d'itinéraires. Si tel est le cas, la variable est affectée d'un coefficient mais l'on ne peut, dans ce cas, savoir comment elle est liée aux différentes classes paysagères. Nous avons donc opté pour une mise en œuvre du modèle sur un ensemble de sous-groupes constitués. Cela permet de révéler, grâce à une comparaison transversale des comportements entre ces groupes, des différences éventuelles dans la manière d'appréhender les paysages. Bien sûr, il s'agit ici de repérer d'éventuelles distinctions dans les préférences paysagères mais l'objectif principal est plutôt de détecter si certaines groupes sont plus sensibles aux paysages que d'autres. Par ailleurs, on prêtera aussi une attention particulière aux coefficients affectés à la longueur des alternatives. Les seuils de regroupement sont également présentés mais ne sont pas commentés ; il est en effet difficile de déceler une quelconque logique à la lecture des valeurs obtenues.

La première classification a porté sur les caractéristiques personnelles des individus. Si, pour le sexe, les distributions sont sensiblement les mêmes à Besançon et à Lille, l'âge fait apparaître une opposition assez nette : les enquêtés sont plus âgés à Besançon (figure 80). Il semble notamment intéressant d'examiner les comportements en fonction de l'âge car de grandes différences existent dans la pratique : selon des études antérieurs, si l'on croise part modale de la marche et tranche d'âge de la population, la courbe prend la forme d'un U avec des maximums pour les plus jeunes et les plus vieux (Papon, 2003). Ces groupes sont davantage captifs de la marche et peut-être cela se répercute-t-il sur les choix d'itinéraires. M. Bottai *et al.* (2006) ont déjà démontré que les comportements de mobilité (nombre de déplacements, distances parcourues) sont significativement liés au sexe et aux classes d'âge. C'est pourquoi

nous supposons que les paysages peuvent aussi agir différemment en fonction de ces caractéristiques.

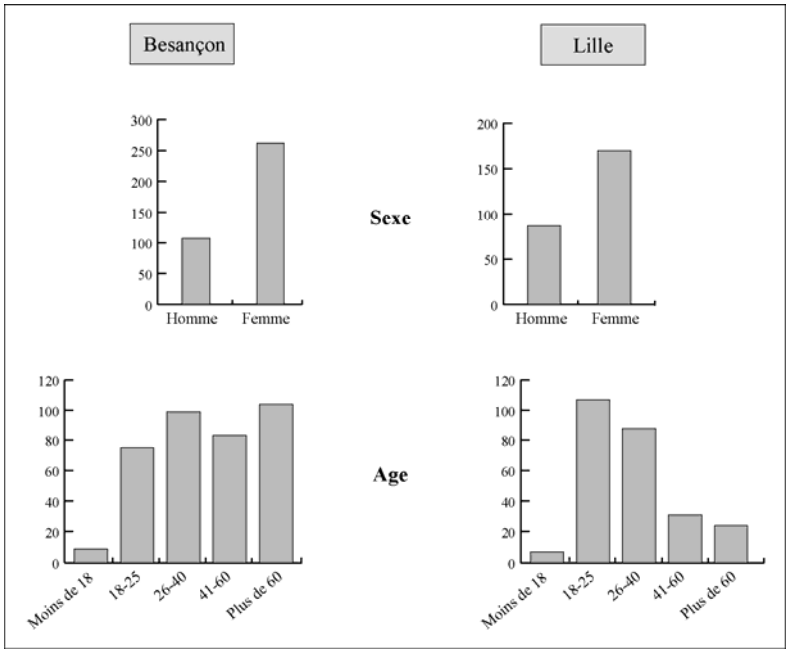


Figure 80 : Caractéristiques personnelles des échantillons de piétons

On ne note pas de différences majeures suivant le sexe des piétons. Si les femmes semblent nettement plus sensibles aux paysages à Lille, des résultats contraires sont obtenus à Besançon. Le sexe n'est donc pas une variable discriminante des pratiques pédestres pour l'échantillon étudié, ce qui va à l'encontre des conclusions qui ont pu émerger dans d'autres études.

L'âge est une variable plus intéressante puisqu'on peut noter une baisse progressive du coefficient de la longueur (tableau 35). Plus l'enquêté est âgé, moins les différences entre longueurs semblent exacerbées. Mais cela n'engendre pas une augmentation de l'influence des paysages dans les choix effectués. On notera également que ces paysages interviennent plutôt de manière positive pour les individus jeunes alors que ce sont des variables négatives qui ressortent pour les personnes plus âgées. Pour cette catégorie, le choix paysager semble se faire plus par évitement que par attrait.

LILLE	Seuil de regroupement	Classes Paysagères	Coeff	Stat χ^2
18-25	92	**Longueur**	**-38,23**	**0,01**
		Niv. Int. Commercial	1,37	0,001
		Places	1,21	0,01
		Imm. Monuments	4,02	0,01
		Niv. Int. Industriel	-5,76	0,05
26-40	92	**Longueur**	**-33,87**	**0,001**
		Niv. Int. Commercial	0,61	0,05
41-60	90	**Longueur**	**-37,18**	**0,001**
		Niv. Int. Commercial	1	0,01
		Parkings	0,94	0,05
		Murs	-3,32	0,05
Plus de 60	81	**Longueur**	**-33,84**	**0,001**
		Parkings	-3,2	0,01
BESANÇON	**Seuil de regroupement**	**Classes Paysagères**	**Coeff**	**Stat χ^2**
18-25	68	**Longueur**	**-38,88**	**0,001**
		Largeur des trottoirs	2,69	0,01
		Relief	2,26	0,05
26-40	75	**Longueur**	**-36,85**	**0,001**
		Niv. Int. Industriel	-3,81	0,05
41-60	65	**Longueur**	**-27,53**	**0,001**
		Niv. Int. Industriel	-2,67	0,05
Plus de 60	58	**Longueur**	**-29,62**	**0,001**
		Imm. Industriel	-3,01	0,05

Tableau 35 : Classes d'âge et comportements pédestres

Les choix individuels peuvent aussi être discriminés selon des caractéristiques liées au trajet (figure 81). On distinguera deux types d'informations. La première se rapporte au motif du déplacement ; dans les deux villes, le motif achat est prépondérant. Il sera étudié en compagnie des motifs loisirs et travail puisqu'il est fréquemment admis que ces deux motifs influencent la perception du déplacement et les choix effectués (Golledge, 1999). On peut regretter que le motif école soit aussi faible étant donné qu'il s'agit, en général, d'un motif prépondérant pour la marche à pied ; malheureusement, nous le laisserons de côté. La seconde information est relative aux appréciations émises par le piéton sur ses conditions de déplacement. La structure est quasi identique entre les deux villes et montre des évaluations plutôt favorables.

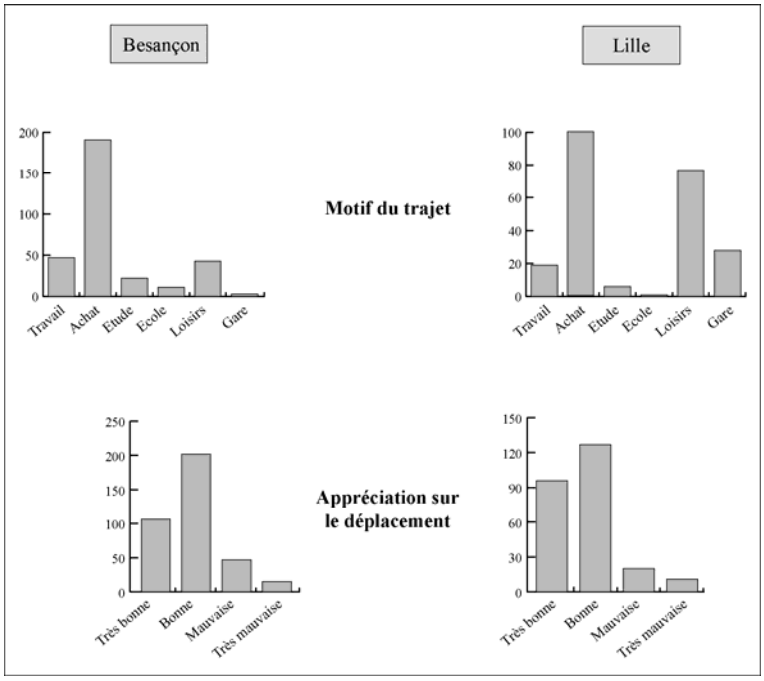


Figure 81 : Caractéristiques des déplacements recensés

La différenciation selon le motif du déplacement donne les résultats suivants.

LILLE	Seuil de regroupement	Classes Paysagères	Coeff	Stat χ^2
Travail	92	**Longueur**	**-44,31**	**0,001**
		-	-	-
Achat	92	**Longueur**	**-44,45**	**0,001**
		Niv. Int. Commercial	1,58	0,001
		Niv. Int. Industriel	-3,25	0,05
Loisirs	66	**Longueur**	**-26,27**	**0,001**
		Parkings	-1,6	0,05
		Stationnement	-4,24	0,05
BESANÇON	**Seuil de regroupement**	**Classes Paysagères**	**Coeff**	**Stat χ^2**
Travail	74	**Longueur**	**-41,14**	**0,001**
		-	-	-
Achat	65	**Longueur**	**-27,59**	**0,001**
		Niv. Int. Industriel	-2,54	0,001
		Cours d'eau	2,21	0,05
		Imm. Industriel	-1,42	0,05
		Niv. Int. Public	-2,18	0,05
		Arbustes	-1,78	0,05
Loisirs	39	**Longueur**	**-13,7**	**0,001**
		Niv. Int. Monuments	2,25	0,05
		Cours d'eau	1,65	0,05
		Citadelle	2,47	0,05

Tableau 36 : Motifs du déplacement et comportements pédestres

Fort logiquement, on peut constater que le coefficient des longueurs est plus faible pour les motifs travail et achats (tableau 36). D'ailleurs, pour le motif travail, les paysages ne jouent aucun rôle dans les choix d'itinéraires. Les déplacements qui concernent les loisirs engendrent des comportements moins rationnels mais sans cohérence, d'une ville à l'autre, au sujet des classes paysagères retenues. A Lille, ce type de déplacements donne lieu à des stratégies d'évitement alors qu'à Besançon certaines classes agissent favorablement sur les choix effectués. Ces conclusions rejoignent en partie celles de H. Orain (1997) qui a démontré que l'individu est plus rationnel dans le cadre de trajets domicile-travail car le temps de déplacement lié à cette activité est dévalorisé.

LILLE	Seuil de regroupement	Classes Paysagères	Coeff	Stat χ^2
Très bonnes	90	**Longueur**	**-26,3**	**0,001**
		Places	1,26	0,01
		Imm. Monuments	3,7	0,01
		Niv. Int. Commercial	0,74	0,01
Bonnes	92	**Longueur**	**-44,77**	**0,001**
		Niv. Int. Commercial	1,66	0,001
		Imm. Monuments	2,15	0,05
Mauvaises	58	**Longueur**	**-33,89**	**0,001**
		-	-	-
Très mauvaises	88	**Longueur**	**-64,15**	**0,01**
		-	-	-
BESANÇON	**Seuil de regroupement**	**Classes Paysagères**	**Coeff**	**Stat χ^2**
Très bonnes	75	**Longueur**	**-17,97**	**0,001**
		-	-	-
Bonnes	76	**Longueur**	**-29,66**	**0,001**
		Niv. Int. Industriel	-3,23	0,001
Mauvaises	47	**Longueur**	**-37,99**	**0,001**
		Places	2,94	0,001
		Cours d'eau	1,99	0,01
		Mais. Ind. Résidentiel	-0,98	0,05
		Parcs	1,23	0,05
Très mauvaises	51	**Longueur**	**-83,2**	**0,001**
		Places	2,11	0,05

Tableau 37 : Appréciations sur le déplacement et comportements pédestres

La distinction suivant les appréciations sur les conditions du déplacement révèle que plus le déplacement est déprécié, plus le coefficient affecté aux longueurs devient prépondérant (tableau 37). Le piéton cherche ainsi à minimiser son temps de parcours, ce qui paraît tout à fait logique. Cela signifie aussi que les appréciations portent sur l'ensemble des alternatives attenantes au trajet car on pourrait s'attendre, dans le cas contraire, à ce que le piéton allonge son trajet pour emprunter un itinéraire plus satisfaisant. Mais cela peut aussi signifier que ces piétons privilégient l'optimisation du temps de déplacement au détriment des agréments. Concernant les paysages, on note une opposition entre Besançon, où ce sont les déplacements appréciés qui permettent de faire émerger quelques classes significatives toujours positives et

Lille où ce sont davantage les déplacements dépréciés qui sont liés aux paysages, mais avec cette fois des variables négatives.

La dernière distinction que nous proposons est plus topologique (figure 82). Elle concerne, d'une part, le nombre d'alternatives potentielles disponibles pour chaque trajet. Nous posons donc l'hypothèse que des différences peuvent apparaître en fonction du contexte de choix, plus ou moins élargi. A Lille, de nombreux trajets disposent de plus de dix options potentielles alors qu'à Besançon, les trajets comptant moins de cinq alternatives sont largement majoritaires. D'autre part, on distinguera des groupes en fonction de la longueur des trajets considérés ; la structure est quasi identique entre les deux villes et l'on peut noter, bien que les classes ne soient pas de même amplitude, la forte proportion des trajets supérieurs à un kilomètre (plus de 50 % pour les deux aires d'étude).

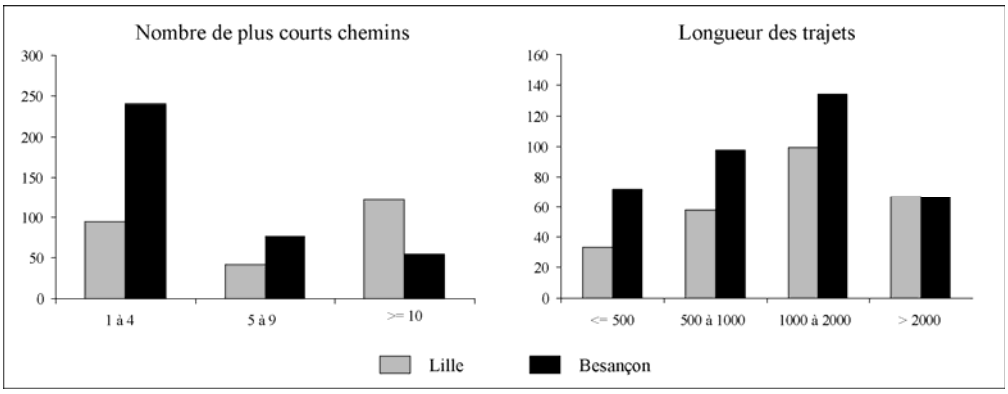


Figure 82 : Caractéristiques des trajets recensés

Le rôle de la longueur des trajets et du nombre de plus courts chemins disponibles est difficilement interprétable ; les résultats sont moins nets que précédemment. Par exemple, le coefficient de la variable longueur augmente et atteint un maximum pour les trajets dont la longueur est comprise entre 500 mètres et 2 kilomètres mais décroît assez étrangement pour les trajets plus longs. Ces deux catégories ne donnent donc pas lieu à des comportements clairement différenciés.

Pour conclure au sujet de ces analyses par sous-groupes, on remarquera que certains résultats sont intéressants bien que la technique soit excessivement simple : la classification s'est faite selon un seul critère et ne prend pas en compte plusieurs dimensions à la fois. Les coefficients sont donc dépendants des contextes de choix attenants aux différents sous-groupes, ce qui peut conduire à biaiser les résultats obtenus. Une classification selon plusieurs dimensions était toutefois peu pertinente du fait de la taille réduite de l'échantillon de personnes enquêtées.

3.4. Quelques perspectives de recherche : les autres modèles de choix discrets

Avant de conclure ce chapitre, nous souhaitons présenter quelques modèles de choix discret qui pourraient avantageusement compléter les analyses effectuées. Tous les modèles énumérés

ici font partie, comme les logit multinomial et hiérarchique, de la famille des modèles GEV (Generalized Extreme Value) qui permettent de définir des probabilités sur la base d'utilités aléatoires.

Le logit simple suppose l'indépendance de chaque alternative, ce qui, nous l'avons déjà mentionné, ne peut correspondre à la réalité, surtout lorsque le nombre d'options considérées dans l'univers de choix devient conséquent. Le logit hiérarchique, que nous avons très largement utilisé, a été développé afin de pallier à cette incohérence. Il présente toutefois certaines limites car il est parfois difficile de déterminer l'appartenance d'un itinéraire à un cluster unique. La figure 83 montre l'intégration d'un itinéraire au cluster 1 mais cette affectation peut paraître discutable puisqu'il ressemble également beaucoup au trajet référent du cluster 2. En pratique, maximiser les différences inter clusters peut donc se révéler peu aisé même si cette complication s'atténue lorsque le seuil minimal de regroupement s'élève.

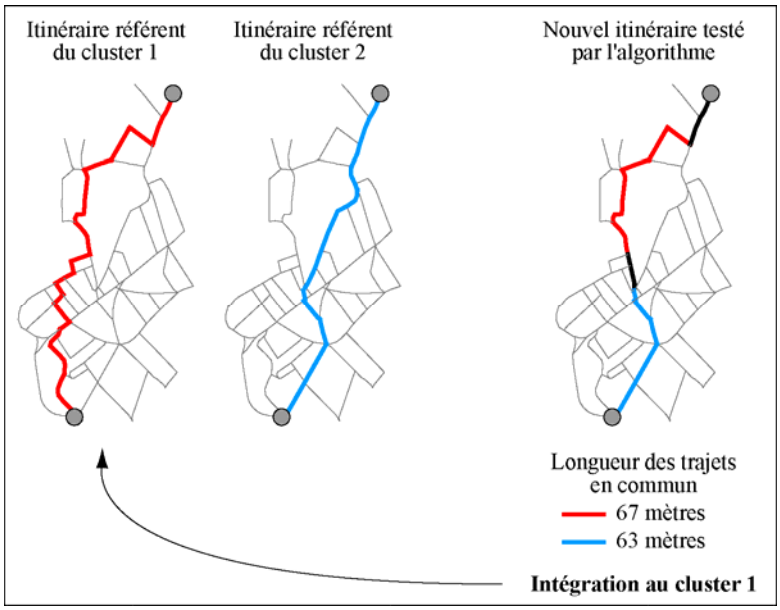


Figure 83 : Le problème de définition des* clusters *dans le modèle hiérarchique

A ce titre, le modèle de choix discret **cross-nested**[69], proposé par D. McFadden en 1978, semble plus performant que le modèle hiérarchique dans le sens où une alternative peut appartenir à plusieurs clusters. Cette pluri-appartenance est mesurée par un coefficient d'inclusion qui détermine le lien de l'alternative avec chaque cluster considéré (figure 84). Ce modèle semble plus réaliste que le modèle hiérarchique mais est aussi beaucoup plus compliqué à mettre en œuvre ; pour preuve, il n'a pour la première fois été concrètement appliqué aux choix d'itinéraires qu'en 1998, par P. Vovsha et S. Bekhor (1998). En outre, on peut se questionner sur la capacité du piéton à établir un système de comparaisons aussi fin.

[69] - Dénommé **link-nested** quand il est appliqué aux choix d'itinéraires.

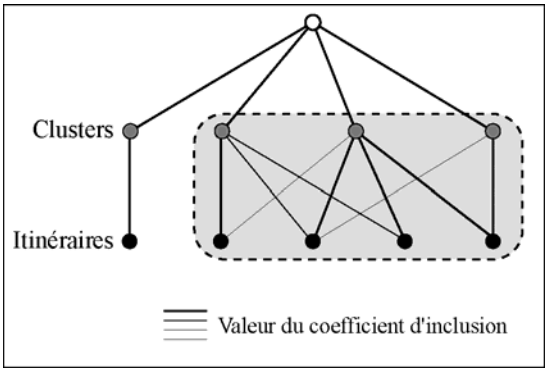


Figure 84 : La multiappartenance des itinéraires dans le modèle cross-nested

Le modèle **path-size**, qui a été proposé par M. Ben-Akiva et M. Bierlaire (1999), permet pour sa part de corriger la fonction d'utilité du logit multinomial simple en calculant, pour chaque alternative, sa corrélation avec les autres chemins. Cette corrélation est calculée uniquement d'un point de vue topologique, sur la base des longueurs communes. Il est compris entre 0 (cas d'un itinéraire complètement corrélé aux autres) et 1 (pour un chemin totalement indépendant). Dans son application, il est plus simple que le modèle hiérarchique car il ne fonctionne pas sur la base de clusters. Il ressemble au **C-logit** formulé par Cascetta *et al.* (1996, in Antille, 2002) qui mesure également une corrélation entre les itinéraires. Pour plus de détails sur ces modèles et leurs applications concrètes, le lecteur pourra consulter la thèse de M. Ramming (2001).

Par ailleurs, de nouveaux modèles toujours plus raffinés font leur apparition : citons le logit multinomial mixte (Mixed Multinomial logit), l'ordered GEV, le multinomial logit-ordered GEV ou le generalized nested logit. Ces modèles se différencient par la manière d'intégrer l'ensemble de choix et par l'évaluation des différentes alternatives pour chaque individu. Néanmoins, on peut tous les considérer comme des extensions du modèle logit multinomial simple dans le sens où ils permettent de remédier aux défauts précédemment décrits. Citons également la loi de répartition du trafic routier, dite loi d'Abraham[70], qui suppose que le rapport entre les coûts généralisés moyens des itinéraires permet de prévoir le trafic. Cette loi peut se déduire d'un logit non linéaire avec une fonction d'utilité logarithmique. Au final, de nombreux modèles d'affectation des flux existent et il serait fastidieux, voire impossible, de tous les énumérer car cette branche de recherche est en perpétuelle évolution. En tout état de cause et bien que certains modèles ne soient pas facilement applicables d'un point de vue opérationnel, ce foisonnement tranche avec la simplicité des méthodes parfois utilisées dans divers cas pratiques.

Conclusion

Ce chapitre a tenté de rendre compte des analyses qui peuvent être mises en œuvre pour analyser les choix d'itinéraires en fonction des paysages urbains. Les résultats montrent que les

[70] - Du nom du chercheur qui l'a importée des Etats-Unis en France, au début des années 50.

paysages interviennent dans les choix d'itinéraires, quelle que soit la méthode employée. Thématiquement, certaines classes sont fréquemment significatives comme les fonctions *résidentielles*, *industrielles* en négatif et *commerciales* en positif ; les *places* semblent également favorables aux pratiques pédestres. Nous reviendrons plus en détail sur ces résultats à la fin de cette partie.

Le modèle logit a été privilégié en dépit des critiques qui peuvent être émises au sujet de son fonctionnement. On rappellera par exemple qu'il fonctionne sur la base d'une utilité linéaire, additive et qui est donc compensatoire. Par exemple, tout coefficient étant égal et positif par ailleurs, un faible score de la classe *arbres* pourra être compensé par un score élevé de la classe *cours d'eau*. Par ailleurs, la manière de comparer l'utilité de chaque alternative ne prend qu'imparfaitement en compte la façon dont les choix sont effectués. Cette simplicité relative permet d'interpréter facilement les choix des individus à partir des paramètres affectés à chaque classe retenue. Dans une optique de compréhension des comportements pédestres, de prédiction des flux voire d'aménagement de la voirie, ces principes sont d'un intérêt indéniable. Toutefois, une large part des règles attenantes aux comportements est éludée par ce type de modèle (Kurauchi, 2000) qui ne prend pas en compte toute la complexité des processus de choix. C'est pourquoi nous proposons de mettre en œuvre, dans notre réflexion sur les choix d'itinéraires, un modèle inspiré des travaux des psychologues qui définit une règle de comparaison de l'utilité plus spécifique.

Chapitre 3

Pour une meilleure prise en compte des comportements de décision

Jusqu'à présent, nous avons déterminé l'attrait théorique de chaque itinéraire selon des méthodes de comparaison globale des alternatives. Pour ce faire, nous avons considéré que la probabilité de choix d'un itinéraire est fonction de son utilité, rapportée à celle de tous les itinéraires potentiels considérés pour le trajet étudié. Cette manière de procéder est très pratique mais forcément réductrice. A partir de nombreuses observations empiriques, les psychologues proposent de raffiner cette méthode par le biais de nouveaux formalismes. L'objectif des modèles que ces derniers ont mis au point n'est toutefois pas d'ouvrir la "boîte noire" des comportements non observables. Il consiste plutôt à améliorer la définition de l'utilité déterministe afin de donner plus de consistance aux travaux portant sur les choix. Cela doit permettre, dans l'idéal, d'obtenir une définition de l'utilité plus en adéquation avec les attitudes et donc les comportements des individus.

1. Vers une prise de décision dépendante du contexte

Les ramifications des modèles des psychologues sont nombreuses. Nous utilisons ici le cadre théorique formalisé par A. Tversky et I. Simonson (1993) pour intégrer deux types de comportements jusqu'alors peu pris en compte dans la modélisation des choix individuels : l'influence des choix passés (*background context*) et du contexte local de choix (*local context*) dans l'évaluation des alternatives et le processus de décision qui en résulte. Le lecteur pourra à

nouveau consulter le chapitre 3 de la partie 2 pour plus de précisions sur ces deux notions[71]. Ces deux composantes, intégrées ensemble dans un modèle classique tel que le logit permettent d'appréhender de manière plus réaliste le contexte de choix des individus.

Toutefois, le terme qui modélise l'influence des choix passés dans l'équation originale sera ici laissé de côté puisque nous ne disposons pas de données permettant de traiter ce type de problème. Nous n'utiliserons donc que la composante du contexte local et qui découle directement de la "théorie des perspectives" mise au point par D. Kahneman et A. Tversky à la fin des années 70. Cette théorie a impulsé un courant de recherche fondamental en psychologie tout en remettant en cause de nombreux acquis en économie. Elle est basée sur l'hypothèse que les individus évaluent les options de choix de manière relative et non absolue comme c'est le cas avec la théorie économique classique. Dans le même ordre d'idée, H. Oppewal et H. Timmermans (1991) ont introduit la notion de contexte de composition de l'ensemble de choix et R. Kivetz *et al.* (2004) ont proposé un modèle davantage relatif qui intègre le contexte local de choix.

Finalement, le composant déterministe de l'utilité d'une alternative prendra la forme suivante :

$$V(x,S) = v(x) + \theta\, g(x,S) \text{ avec } \theta \geq 0$$

où $v(x)$ représente la valeur de chaque alternative x indépendamment du contexte local. $v(x)$ correspond à l'utilité telle que nous l'utilisions jusqu'à présent ; nous la nommerons utilité "classique" dans la suite de la démonstration. $g(x,S)$ résume le rôle du contexte local de choix. Le coefficient θ contrôle la contribution additive du contexte local. Si $\theta = 0$, alors les préférences sont indépendantes du contexte local qui n'a aucun impact sur le choix des piétons. En revanche, s'il est positif, cela indique que le choix est plus incertain et dépendant du contexte. On notera que malgré cet ajout, l'utilité est utilisée de la même manière que dans le chapitre précédent. Ainsi, s'il n'y a que deux alternatives x et y, $C(S) = x$ c'est-à-dire que l'alternative x est sélectionnée dans l'ensemble de choix S si $V(x,S) > V(y,S)$ avec $y \in S$.

1.1. Définition classique de l'utilité des itinéraires

Concrètement, pour déterminer l'utilité "classique" de l'alternative x notée $v(x)$, nous utiliserons les résultats obtenus dans le cadre du logit multinomial appliqué au choix global. Dans le but de simplifier les calculs, nous avons retenus des modèles qui fonctionnent sans emboîtement des alternatives identiques : il s'agit des modèles logit simples les plus performants (tableaux 38 et 39).

[71] - Encarts 4 et 5.

Paysages	Coefficients	Stat ln($L(\beta)$)	Stat χ^2
Variable neutre	-	-243,56	-
Longueur	-23,91	-200,03	0,001
Parkings	-2,84	-190,97	0,001
Niv. Int. Industriel	-3,22	-185,03	0,001
Citadelle	0,54	-182,17	0,05
Mais. Ind. Résidentiel	-2,21	-179,43	0,05
Cours d'eau	0,75	-177,33	0,05

Tableau 38 : Modèle logit simple multivarié (Besançon)

On peut remarquer qu'ils sont naturellement moins satisfaisants que ceux présentés dans le chapitre 2, même si la différence n'est pas très marquée. Rappelons que les résultats obtenus avec les modèles hiérarchiques optimaux étaient les suivants : $ln(L(\beta))$= -172,067 à Besançon et -176,89 à Lille.

Paysages	Coefficients	Stat ln($L(\beta)$)	Stat χ^2
Variable neutre	-	-305,96	-
Longueur	-32,78	-229,87	0,001
Niv Int. Commercial	1,93	-202,42	0,001
Nbre de voies	1,38	-194,22	0,001
Largeur des trottoirs	-1,05	-189,77	0,01
Portails	-5,02	-185,24	0,01
Places	0,97	-182,48	0,05
Imm. Monuments	3,34	-179,18	0,05

Tableau 39 : Modèle logit simple multivarié (Lille)

Ainsi, dans l'exemple qui suit, l'utilité du trajet est déterminée à partir des utilités partielles $v_i(x_i)$ issues de chaque classe prise en compte dans le logit et des coefficients obtenus (tableau 40). Pour obtenir l'utilité "classique", il suffit de sommer ces utilités partielles comme suit :

$$v(x) = \sum_{i=1}^{n} v_i(x_i)$$

Trajet n° 342	Longueurs en km	Parkings	Niv. Int. Industriel	Citadelle	Mais. Ind. Résidentiel	Cours d'eau
Valeurs	1,025	12	17	0	58	5
Coefficients issus du logit	-23,91	-2,84	-3,22	0,54	-2,21	0,75
$v_i(x_i)$	-24,51	-34,08	-54,74	0	-128,18	3,75

Tableau 40 : Utilités partielles calculées à Besançon à partir des résultats du modèle logit

1.2. Prise en compte du contexte local de choix des piétons

Ayant défini l'utilité classique, il reste à détailler le fonctionnement du contexte local dans la formule d'utilité donnée ci-dessus. Le contexte local est calculé sur la base de comparaison des différentes alternatives potentielles, prises deux à deux, pour un contexte de choix donné. Ce calcul est effectué pour chaque classe paysagère retenue dans le modèle ; pour cela, il faut employer les utilités partielles $v_i(x_i)$ telles que définies dans le tableau 40. L'objectif est de calculer les avantages et désavantages relatifs des différentes options de choix en fonction du poids et du signe du coefficient de chaque variable paysagère. Ainsi, pour deux options *x* et *y*, l'avantage de *x* par rapport à *y* en fonction de l'attribut *i*, prendra la forme :

$A_i(x,y) = \begin{cases} v_i(x_i) - v_i(y_i) \quad si \quad v_i(x_i) \geq v_i(y_i) \\ 0 \ sinon \end{cases}$ s'il s'agit d'une variable qui agit positivement,

$A_i(x,y) = \begin{cases} |v_i(y_i)| - |v_i(x_i)| \quad si \quad v_i(x_i) \geq v_i(y_i) \\ 0 \ sinon \end{cases}$ s'il s'agit d'une variable qui agit négativement ; ce cas est particulier puisque l'avantage est calculé pour l'itinéraire dont la valeur obtenue pour la classe étudiée est la moins négative.

Logiquement, l'avantage global de l'itinéraire *x* sur l'itinéraire *y* sera donné par :

$$A(x,y) = \sum_{i=1}^{n} A_i(x,y),$$

où $A(x,y)$ est égal à la somme des valeurs des attributs *i* favorables à *x*. Parallèlement, on déterminera $D_i(x,y)$ le désavantage de *x* par rapport *y* selon chaque attribut *i*. C'est une fonction croissante convexe de l'avantage $A_i(y,x)$ de *y* sur *x* correspondant, tel que $D_i(x,y) > A_i(y,x)$. A. Tversky et I. Simonson (1993) postulent ainsi, sans toutefois spécifier de fonction particulière, qu'un désavantage a au moins autant d'impact que l'avantage qui lui correspond et que ce même désavantage croît proportionnellement plus vite. Concrètement, en prenant l'exemple de la classe *places* dont l'influence est positive, le jugement négatif occasionné par la perte d'une certaine "quantité" de paysages *places* sera toujours plus fort que le jugement positif généré par le gain d'une même "quantité" (figure 85). Cela signifie que les individus effectuent leurs choix de manière à minimiser leurs pertes plutôt que de maximiser leurs gains. Cette fonction prend donc en compte "l'aversion de la perte" (*loss avertion*) développée par D. Kahneman et A. Tversky (2000) dans des travaux précédents.

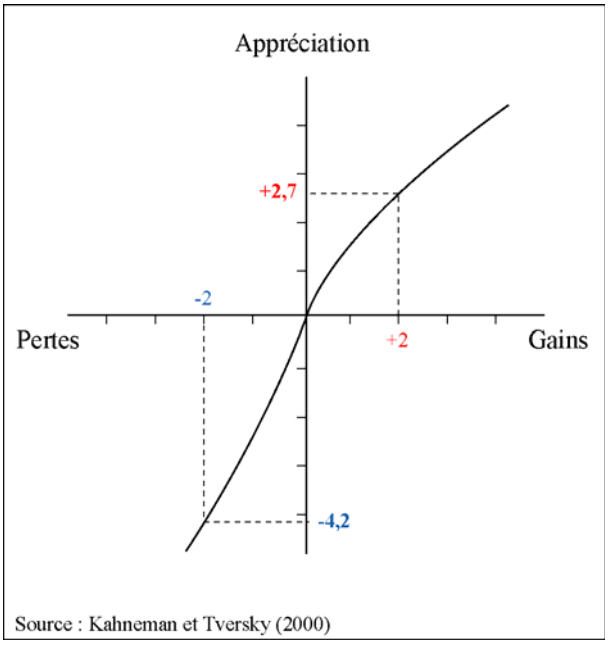


Figure 85 : Une fonction d'appréciation théorique

Pour notre part, nous reprendrons la formule de la fonction développée par R. Kivetz *et al.* (2004). Elle est définie comme suit :

$$D_i(x,y) = A_i(y,x) + L_i \times A_i(y,x)^{\psi_i}$$

où L_i est le paramètre d'aversion de la perte (s'il est égal à 0, alors les désavantages ont la même valeur que les avantages) et ψ_i un paramètre de puissance qui, lorsqu'il est supérieur à 1, satisfait l'hypothèse de convexité de la fonction des désavantages.

Ensuite, à l'image de l'avantage global $A_i(y,x)$, le désavantage global est égal à la somme des désavantages partiels :

$$D(x,y) = \sum_{i=1}^{n} D_i(x,y).$$

A partir des paramètres d'avantage et de désavantage, on peut définir l'avantage relatif de *x* par rapport à *y*, noté :

$$R(x,y) = \frac{A(x,y)}{A(x,y) + D(x,y)}$$

Selon cette formule, si *x* n'a pas d'avantages sur *y*, alors $R(x,y) = 0$; en revanche, si *x* a un avantage sur *y* et que *y* n'a pas d'avantage sur *x*, alors $R(x,y) = 1$. Ainsi, $R(x,y)$ peut être vu comme un indice de préférence de *x* par rapport à *y*. Pour déterminer ensuite l'avantage de *x* sur toutes les autres alternatives de l'ensemble de choix *S,* il suffit de sommer $R(x,y)$ tel que :

$$g(x,S)=\begin{cases}\sum_{y\in S} R(x,y) \;\; si \;\; S>2 \\ 0 \;\; si \;\; S\leq 2\end{cases},$$

avec pour seule contrainte la nécessité de travailler sur un ensemble de choix comportant au moins 3 options car les choix binaires ne présentent pas d'intérêt dans l'analyse du contexte local. En rappelant que $\theta\, g(x,S)$ s'intègre à la formule de l'utilité déterministe de chaque alternative présentée au début de cette présentation, tel que $V(x,S)=v(x)+\theta\, g(x,S)$, on peut dès lors mettre en œuvre un calcul de la probabilité qu'un individu choisisse x dans un ensemble de choix S comportant x' alternatives. Ce calcul prend la forme habituelle d'un logit multinomial simple :

$$P(x,S)=\frac{\exp V(x,s)}{\sum_{x'}\exp V(x',s)}$$

On obtient au final un modèle d'avantage relatif (Kivetz *et al.*, 2004) où chaque alternative est évaluée selon ses caractéristiques intrinsèques mais aussi en fonction des avantages et désavantages comparatifs qu'elle possède par rapport aux autres options du contexte de choix. Les trois coefficients à observer dans les tests qui seront menés sont donc :

- le paramètre L_i d'aversion de la perte qui est déterminé pour la longueur et chaque variable paysagère testée ; ils est supérieur ou égal à 0. Lorsqu'il est égal à 0, cela signifie que pour la classe étudiée, il n'y a pas de différence entre avantages et désavantages.
- le paramètre ψ_i de convexité de la fonction des désavantages qui sera le même pour toutes les variables considérées, dans le but de simplifier les calculs (Kivetz *et al.*, 2004). Plus sa valeur est élevée, plus la différence entre avantages et désavantages est exacerbée, comme on peut le voir sur la figure 86, pour un L_i égal à 1 ;
- le paramètre θ mesurant le rôle du contexte de choix dans le processus de décision. Plus ce paramètre est élevé, plus le rôle du contexte local est fort.

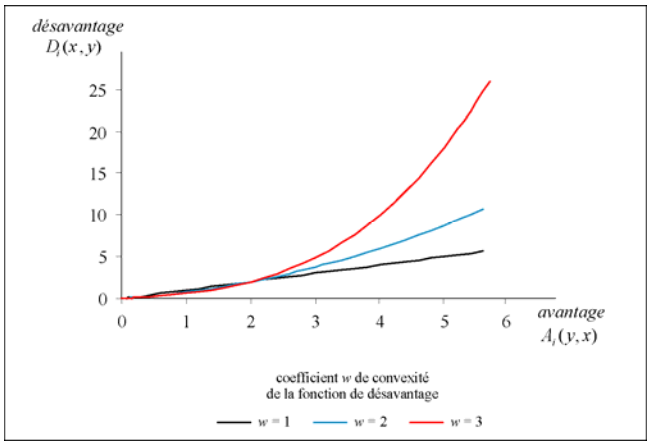


Figure 86 : Rôle du paramètre ψ_i de la fonction de désavantage

Nous avons donc balayé cet espace à trois dimensions (L_i, ψ_i, θ) pour trouver la combinaison maximisant la probabilité de reproduire les comportements observés lors de notre enquête.

2. Des comportements de choix relatifs

Les résultats obtenus confirment les hypothèses selon lesquelles les choix se font également de manière relative (tableaux 41 et 42). Symbolisée par un coefficient θ supérieur à 0 pour les deux villes, cette nouvelle règle marque un progrès dans la connaissance des pratiques pédestres. Par ailleurs, les coefficients L_i attribués aux variables paysagères permettent de mieux cerner l'influence de chaque classe. A Lille, de nombreuses variables ont une valeur de 0, ce qui indique qu'avantages et désavantages agissent de façon identique. Pour finir, le coefficient ψ_i reste peu élevé, ce qui montre que la convexité de la fonction des désavantages est peu marquée.

Paysages	L_i	ψ_i	θ	**Stat ln($L(\beta)$)**
Longueur	0,13	1,36	0,23	-166,22
Parkings	0,037			
Niv. Int. Industriel	0,14			
Citadelle	0,07			
Mais. Ind. Résidentiel	1,25			
Cours d'eau	0,21			

Tableau 41 : Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Besançon

Surtout, on remarquera que les logarithmes de la fonction de vraisemblance *ln(L(β)),* que nous utilisons pour évaluer les modèles, ont nettement progressé par rapport aux modèles qui ne prenaient pas en compte le contexte local de choix. Cela semble indiquer que la méthode proposée permet de reproduire plus fidèlement les comportements relevés lors de l'enquête marche à pied et que des investigations dans cette voie semblent souhaitables. Certes, les piétons évaluent globalement les paysages disponibles pour chaque trajet, mais ils comparent également les alternatives entre elles, afin de déterminer l'itinéraire qui leur procurera une satisfaction maximale.

Paysages	L_i	ψ_i	θ	**Stat ln($L(\beta)$)**
Longueur	0	1,16	0,2	-161,96
Niv Int. Commercial	0,21			
Nbre de voies	0,09			
Largeur des trottoirs	0			
Portails	0,17			
Places	0			
Imm. Monuments	0			

Tableau 42 : Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Lille

Conclusion

Si les modèles de choix discrets permettent de prendre en partie en compte le contexte de choix des individus, les psychologues ont rapidement pointé du doigt les limites inhérentes à ces modèles. Les résultats obtenus dans ce chapitre semblent étayer cette prise de position. Par ailleurs, cela démontre que les piétons ont une réelle connaissance de leur environnement de marche et des différents itinéraires potentiels ; la pertinence du contexte de choix démontre que l'environnement est précisément évalué par les individus en fonction des informations accumulées sur les alternatives existantes. Il semble que ces derniers se livrent à une comparaison précise des itinéraires un à un.

Bien sûr, il ne s'agit que d'un exemple sélectionné parmi les travaux portant sur la décision en psychologie. Mais ce modèle, conçu et utilisé dans le cadre des études sur les comportements de consommation[72], s'adapte parfaitement à nos réflexions sur les choix d'itinéraires et démontre l'intérêt d'une intégration des travaux des psychologues. Les économistes, après quelques réticences, ont fini par reconnaître l'apport essentiel que représentent les modèles des psychologues. Gageons que les géographes, qui travaillent souvent sur les choix des individus et utilisent parfois, à cette fin, des modèles de choix, intègreront à leur tour les apports théoriques des psychologues.

[72] - Dans le sens commercial du terme.

Chapitre 4

Une nouvelle manière d'appréhender les déplacements : les choix d'itinéraires progressifs

Jusqu'à présent, les modèles employés ont fonctionné sur la base d'un recensement des itinéraires "raisonnables", censé constituer l'ensemble de choix de l'individu pour chaque trajet (Dial, 1971). Une méthode d'affectation stochastique a permis, à partir des caractéristiques de chaque alternative, de simuler les choix pédestres en calculant des probabilités d'usage. Mais ce type de modélisation est lié à un choix prédéterminé, contraignant, voire hasardeux, qui pose l'hypothèse que le piéton sélectionne son trajet en comparant systématiquement tous les itinéraires potentiels. C'est pourquoi nous proposons une méthode d'analyse plus ponctuelle, basée sur de nouvelles hypothèses, et qui se démarque nettement de cette approche classique.

1. Questionnements sur la modélisation des choix d'itinéraires

L'application du logit aux choix d'itinéraires se heurte à un problème particulier. Les modèles de choix discrets ont été initialement créés dans le but de modéliser la prise de décision dans une situation où il aisé de constituer l'ensemble de choix[73]. Or, l'ensemble de choix théorique retenu par le modélisateur ne peut que très imparfaitement correspondre aux ensembles de choix effectifs des piétons et l'étude des comportements pédestres risque, dans ce cas, d'être biaisée.

[73] - Par exemple un choix de consommation parmi plusieurs produits concurrents.

1.1. Le problème de l'ensemble de choix

Dans le deuxième chapitre, nous avons testé deux valeurs d'allongement maximales et les résultats ont démontré que ce seuil de prise en compte des alternatives potentielles est déterminant. En l'abaissant, on risque d'écarter des itinéraires qui ont pourtant participé au choix ; inversement, en l'augmentant démesurément, certains itinéraires seront abusivement pris en compte. En outre, comme le TAPCC[74] est fixe, il ne tient pas compte des différences entre individus. Cette valeur de TAPCC est donc déterminante et agit bien évidemment sur les résultats obtenus dans les modèles. Le rôle de la longueur sera par exemple très différent suivant que l'on restreint ou que l'on augmente cette valeur. Pour remédier à ce problème, J. Zhang *et al.* (2004) ont proposé le concept de *relative interest* pour modifier le fonctionnement des modèles logit. Avant de définir l'utilité des trajets potentiels, cette méthode permet de déterminer l'importance relative de chaque alternative. Ainsi, le modèle correspond mieux au choix qu'effectue la personne parmi des alternatives potentielles qui ne sont plus alors placées sur un même pied d'égalité. Dans ce cas, le piéton choisit l'option dont l'utilité est la plus élevée, mais seulement après avoir pondéré chacune des potentialités via le *relative interest*.

Dans le cadre de notre travail, une autre solution aurait pu consister à tester de nombreux TAPCC. Mais nous avons préféré mettre en œuvre une méthode fondamentalement différente. Alors qu'avec le logit classique, nous partions d'un TAPPC fixe et testions la rationalité des piétons, nous inversons ici les termes du problème. Les piétons seront par défaut considérés comme très rationnels et l'ensemble de choix sera déterminé par rapport à cette hypothèse. Expliquons nous… Puisqu'il est impossible de déterminer, pour chaque individu, les alternatives réellement perçues, nous restreignons ce risque en ne considérant que le plus court chemin. Par conséquent, nous considérons que le piéton connaît ce chemin optimal et qu'il le suit par défaut. Techniquement parlant, la phase de constitution de l'ensemble de choix est abandonnée et l'objectif est de détecter les stratégies d'évitement qui occasionnent un détour par rapport au plus court chemin.

Nous entendons ainsi étudier les choix d'itinéraires aux carrefours, où s'opposent chemin optimal et trajet réel. Certes, les plus courts chemins simplifient excessivement le comportement humain. Des travaux ont déjà souligné que les trajets effectués par les piétons n'obéissent pas nécessairement aux itinéraires optimaux entre origines et destinations (Genre-Grandpierre et Foltête, 2003 ; Foltête *et al.*, 2002). Néanmoins, la minimisation de la longueur du trajet reste un élément de base des choix d'itinéraires. C'est pourquoi nous considérons que les piétons sont rationnels et qu'ils effectuent un choix chaque fois qu'ils dévient du plus court chemin. Nous postulons ensuite que ces choix interviennent en fonction des réactions des piétons à leur environnement paysager. Ces décisions ponctuelles, prises aux carrefours et qui donnent lieu à des "bifurcations", seront considérées comme des choix forts puisqu'elles impliquent un renoncement au chemin optimal.

Partant de cette nouvelle façon d'appréhender les choix d'itinéraires, il reste à déterminer les éléments qui feront l'objet d'une analyse poussée. Pour cela, il faut s'interroger sur la manière

[74] - Taux d'allongement par rapport au plus court chemin.

dont les choix ont été effectués aux bifurcations. Ce problème renvoie à des questionnements particuliers dont nous rendrons compte brièvement.

1.2. Différentes manières d'appréhender l'environnement urbain

Comme cela a déjà été mentionné, l'utilité, telle qu'elle est employée dans les modèles de choix classiques, suppose que chaque individu est capable de classer les différentes alternatives en fonction de ses préférences personnelles puis d'effectuer le choix qui lui procure une satisfaction maximale. Jusqu'ici, les choix d'itinéraires ont donc été étudiés sur la base de trajets perçus comme un tout indivisible : les comportements ont été analysés de façon globale, selon une "*stratégie d'ensemble du sujet*" (Mariné et Escribe, 1998). Quand la définition de l'utilité de chaque alternative n'est basée que sur la longueur des itinéraires potentiels, cette méthode est sans conteste adéquate : il est logique de ne comparer que les coûts des différents itinéraires et le tronçon n'est alors qu'un élément "neutre" des différents trajets. Mais si l'on redéfinit l'utilité en intégrant des variables qualitatives comme les paysages, la modélisation des comportements s'avère plus problématique. Dès lors, les choix ne sont-ils dépendants que des différences paysagères entre les itinéraires, considérées comme la synthèse paysagère des tronçons les composant ? Les différences paysagères ponctuelles entre tronçons n'interviennent-elles pas dans les choix effectués aux carrefours ? Ces deux logiques opposées sont à rapprocher des travaux sur la cognition spatiale.

De façon générale, les travaux sur la cognition portent sur les stratégies mises en œuvre dans le but de résoudre un problème donné. Ces stratégies peuvent avoir des profondeurs variables. La profondeur est d'ordre 1 lorsque les choix sont effectués localement, sans projection sur les choix à venir. Cette même profondeur devient maximale quand les individus prennent en considération toutes les conséquences futures de leurs actes : "*à une stratégie locale, où les utilités des divers mouvements possibles reposent exclusivement sur les conséquences immédiates de ces mouvements, on substitue une stratégie dans laquelle les conséquences d'un mouvement sont évaluées au regard des autres mouvements qu'il rend ultérieurement possibles*" (Costermans, 2001). Par analogie mathématique, on parle de profondeur de calcul mais on peut également utiliser la métaphore du joueur d'échec. Une profondeur d'ordre 1 signifie qu'un coup est joué en fonction du prochain coup de l'adversaire. Une profondeur maximale implique une prévision de l'ensemble de coups jusqu'à la fin de la partie. Quelque peu schématique, cet exemple illustre pourtant bien les différentes manières d'appréhender un problème.

Dans le cas des choix d'itinéraires en fonction des paysages des tronçons, on pourra, en simplifiant quelque peu, rapprocher ces deux types de stratégie des notions de perception et de représentation. La perception est indissociable de l'action dans le moment présent, c'est une "*observation vécue et immédiate*" (Paulet, 2002) ; elle implique la simultanéité car les objets évalués sont présents. Dans le cadre d'un trajet, la perception correspond donc à l'environnement directement visible. Quant à la représentation, elle correspond plus au phénomène d'intériorisation, subséquent au phénomène de perception. Elle n'est donc pas obligatoirement liée au terrain : les tronçons peuvent être absents ou, s'ils sont soumis au

regard, la représentation fait référence à d'autres éléments du trajet non perçus. Pour les cognitivistes, l'individu fait appel à ses représentations et n'appréhende plus l'information de manière passive. Ce dernier réagit en fonction de l'incidence qu'aura son choix ; il développe alors une intention, un but en se projetant dans son futur immédiat et le choix n'est plus simplement la résultante du stimulus présent : l'individu rend présent ce qui ne l'est pas encore en anticipant les conséquences de son acte (Augoyard, 1979). Pour un piéton, le paysage attractif d'un tronçon qui devrait susciter un attrait peut être évité car il donnera par la suite accès à un ensemble de choix paysagers médiocres. Inversement, un tronçon déprécié peut être emprunté pour les paysages valorisés qui lui succèderont au cours du trajet. La réaction aux caractéristiques paysagères des tronçons n'est donc pas instantanée ; l'individu projette les conséquences de son choix et renonce à sa perception de l'instant (Delorme, 1982) car il est capable de situer les tronçons et leurs paysages, les uns par rapport aux autres (Cauvin, 1999). Dans ce contexte, le tronçon n'est qu'une pièce d'un puzzle ; il n'est appréhendé que par rapport aux tronçons environnants. En associant le choix d'un tronçon à ceux qui lui succéderont, le piéton forme, par agrégation, un trajet qui est alors un élément indivisible. Le choix de l'itinéraire ne se fait alors pas au tronçon mais en fonction du paysage "global" de chaque itinéraire potentiel. J. Piaget (cité par Moessinger, 1996) assimile cette attitude à la volonté, qui permet de ne pas privilégier les désirs proches par rapport aux désirs lointains en gardant "*constante notre perception de la dimension d'une chose qui s'approche ou qui s'éloigne*".

Néanmoins, certains psychologues rappellent également que le processus de décision reste en partie dépendant de son immédiateté et donc du contexte de choix dans l'instant, en fonction des stimuli présents. On retrouve ici l'importance des carrefours en tant qu'interfaces de choix. Très tôt mis en évidence (Lynch, 1969), ce rôle est toutefois oublié dans les techniques classiques d'affectation des flux. Les trois niveaux cognitifs recensés par A. Frémont (1976), voir, se souvenir et valoriser, débouchent donc sur deux types de comportements. Soit l'individu réagit aux stimuli sur le moment, soit il prémédite ses choix en fonction des conséquences que son comportement induit. Cette opposition entre choix prémédités et progressifs peut se résumer à une différenciation entre maximisation globale et maximisation locale de l'utilité. C'est à partir de cette hypothèse de maximisation locale, peu étudiée, que nous analyserons dans ce chapitre les trajets pédestres relevés lors de l'enquête.

Ces deux notions sont dissemblables même si l'on peut supposer que l'attitude des piétons est soumise, lors d'un déplacement, à ces deux champs d'influence. Dans le cadre de l'analyse des trajets pédestres, privilégier les représentations à la perception instantanée correspond à une attitude plus en adéquation avec la création d'un ensemble de choix prédéterminé ; cela renvoie aux analyses effectuées dans le deuxième chapitre. Dans ce cas, il est logique d'analyser l'intégralité du comportement piétonnier en comparant les trajets potentiels (choix global entre itinéraires). Inversement, si l'on postule que la perception joue un rôle durant le trajet, une analyse plus locale des choix devra être privilégiée.

1.3. Mise en œuvre pratique : l'algorithme des bifurcations

Pour détecter les carrefours, lieux de choix, nous utilisons un algorithme de recherche des bifurcations, apparenté, dans sa philosophie, aux modèles d'affectation dynamique utilisés pour les déplacements motorisés.

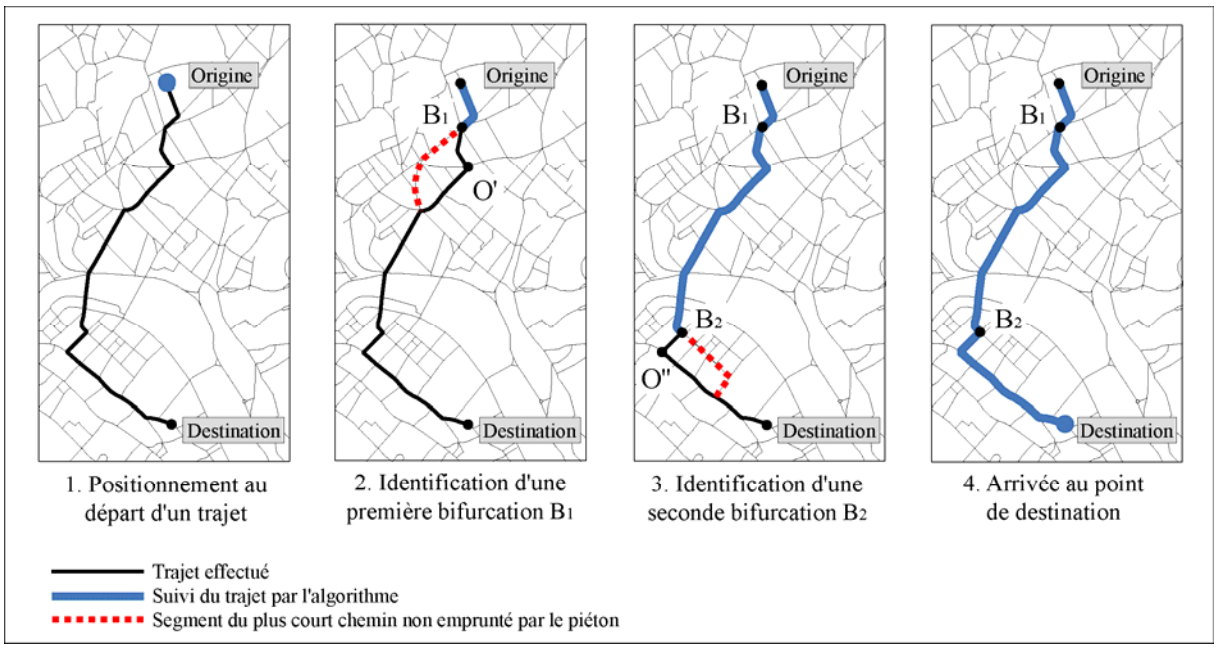


Figure 87 : Une nouvelle méthode d'analyse des choix d'itinéraires

Généralement, les modèles d'affectation dynamique sélectionnent à l'avance l'itinéraire dont l'utilité est maximale ; mais celui-ci est susceptible de changer en cours de route en fonction des informations reçues en temps réel. Ainsi, "*chaque fois qu'un conducteur arrive à un carrefour, il doit choisir sa direction. D'un côté, le conducteur éprouve des préférences pour certaines routes, de l'autre il doit prendre en considération la situation momentanée du réseau*" (Hilliges *et al.*, 1993), souvent en terme de circulation. Ces modèles fonctionnent selon la méthode des hyperchemins, collection de chemins potentiels à laquelle sont associées des stratégies de choix aux carrefours (Nguyen *et al.*, 1998). Le comportement de déplacement résulte ainsi d'une stratégie qui associe à chaque nœud un ensemble de tronçons potentiels ordonnés selon les préférences des usagers. Le tronçon préféré peut être abandonné au profit d'un autre si les conditions de circulation sont saturées. L'affectation progresse donc carrefour par carrefour. Cette technique est également utilisée pour la modélisation des déplacements en transport publics dans le cadre des choix effectués à chaque changement de ligne (CERTU, 2003).

Adapté à la marche à pied, l'algorithme suit l'itinéraire recensé pour chaque piéton et vérifie, à chaque carrefour, que ce dernier effectue un choix conforme au principe de rationalité (figure 87). Lorsque cela n'est pas le cas, c'est-à-dire lorsque le trajet s'écarte du plus court chemin, l'algorithme enregistre le lieu de la bifurcation (B_1) ainsi que les deux entités supposées à l'origine du choix, celle qui a été choisie et celle qui a été évitée. Après cette déviation, un nouveau plus court chemin est calculé à parti de l'intersection suivante (O'), ce

qui permet d'éprouver à nouveau la rationalité du piéton. Ce processus itératif permet donc d'enregistrer la succession des choix d'itinéraires et n'est plus uniquement calculé à partir du couple origine-destination initial. Nous partons ainsi du principe que ces choix sont effectués en plusieurs temps, au fur et à mesure de l'avancement dans le trajet ; c'est pourquoi nous parlons de choix d'itinéraires progressifs.

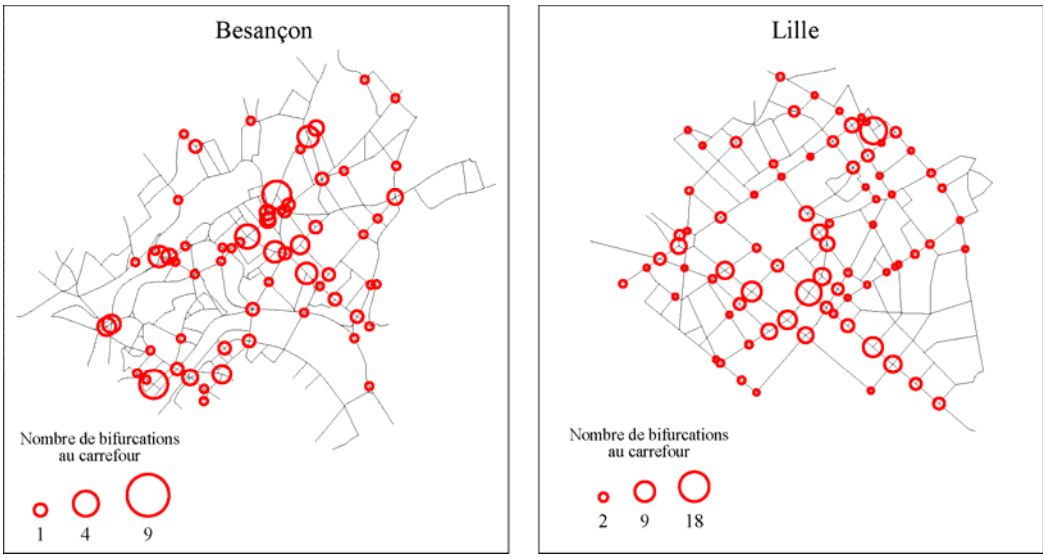


Figure 88 : Localisation des bifurcations

La première information extraite par ce procédé correspond à la localisation des bifurcations (figure 88). Sur nos aires d'étude, on remarque que la répartition n'est pas homogène, certaines zones semblent être des supports privilégiés de choix d'itinéraires, spécialement à Besançon. Bien qu'une analyse spécifique à ces lieux de concentration de choix eût été possible, nous prendrons en compte, dans la suite de notre travail, l'ensemble des bifurcations.

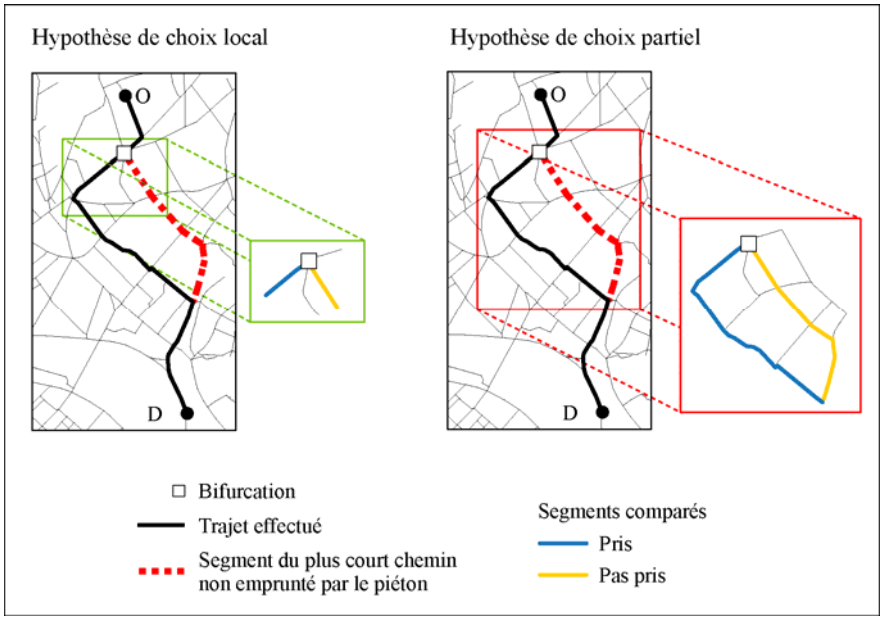


Figure 89 : Une bifurcation, deux hypothèses, deux objets d'analyse

Parallèlement à la localisation des bifurcations, l'enregistrement des binômes choisi-évité s'est fait de deux manières distinctes (figure 89). Dans la première, ce sont les tronçons qui suivent immédiatement la bifurcation qui sont recensés, selon une **hypothèse de choix local**. Toutefois, une méthode intermédiaire peut aussi être mise en œuvre ; elle consiste, partant de la bifurcation, à comparer les segments de trajets[75] du plus court chemin abandonné à ceux effectivement empruntés (**hypothèse de choix partiel**). J.F. Augoyard (1979) parle, dans ce cas, du concept de péritopisme[76] qui décrit une variation, un contournement, et qui exprime une préférence et un évitement (choix partiel). Le déplacement correspond alors à une "*procédure heuristique (qui comprend des buts intermédiaires) flexible au niveau du réseau secondaire*" (Pailhous, 1970). Ainsi, l'expérience de mobilité ne s'assimile pas à un choix mais à une construction (Petit, 2002). Cette seconde technique relève donc les deux portions de trajet qui ont été mis en opposition par le piéton à partir de la bifurcation : lorsque le trajet concorde à nouveau avec le plus court chemin, on peut considérer que le choix redevient neutre et l'algorithme cesse l'enregistrement du binôme. Il arrive que les deux entités ne se recoupent pas et l'enregistrement se fait, dans ce cas, jusqu'à la destination. Ainsi, soit l'on utilise les deux tronçons qui suivent la bifurcation, en supposant qu'ils sont les déterminants uniques du choix, soit l'on prend en compte les segments de trajets qui s'opposent.

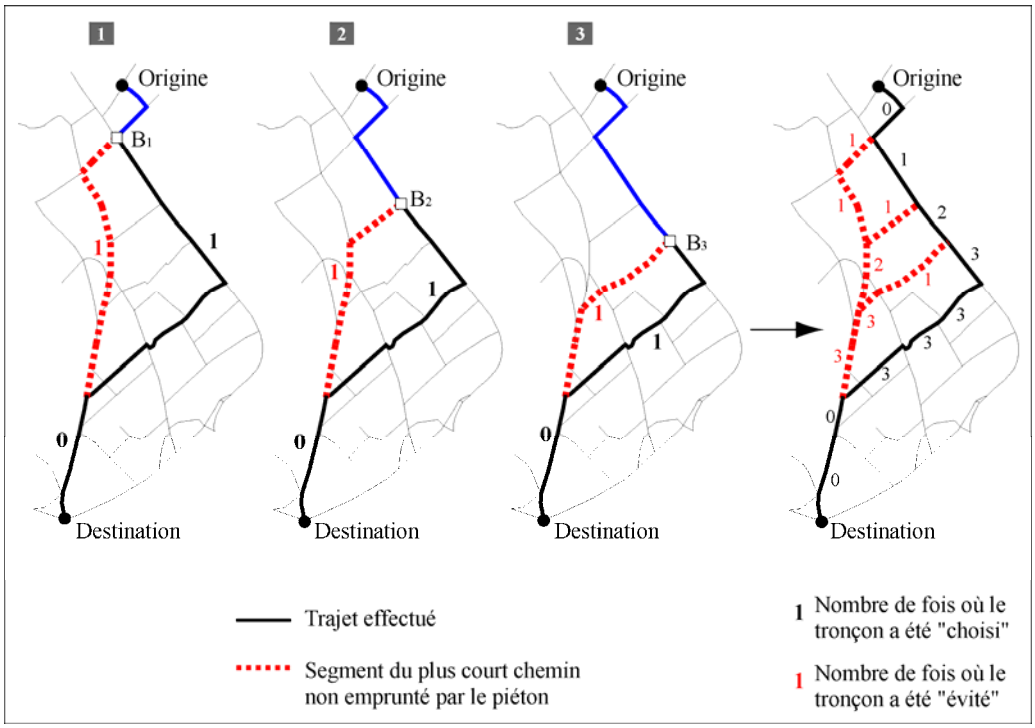


Figure 90 : Le déplacement, une succession de choix, un cumul de jugements

La technique basée sur les choix partiels permet de reproduire la succession de choix qui sont a priori intervenus lors d'un trajet. Dans le cadre d'un déplacement, elle peut conduire à prendre plusieurs fois en compte un même tronçon, comme on peut le constater sur la figure (90). Le

[75] - Entendus comme une succession de tronçons formant une partie du trajet.
[76] - Il l'oppose au concept de paratopisme, qui correspond au choix d'un itinéraire s'imposant à un autre (choix global).

déplacement représenté a donné lieu à trois bifurcations, ce qui entraîne une valorisation des tronçons de l'itinéraire pris, qui sont à chaque fois mis en opposition avec des segments de plus court chemin. Inversement, les tronçons qui supportent chacun de ces trois plus courts chemins non empruntés sont très négatifs car refusés à trois reprises. Cette méthode nous semble en adéquation avec la réalité du piéton.

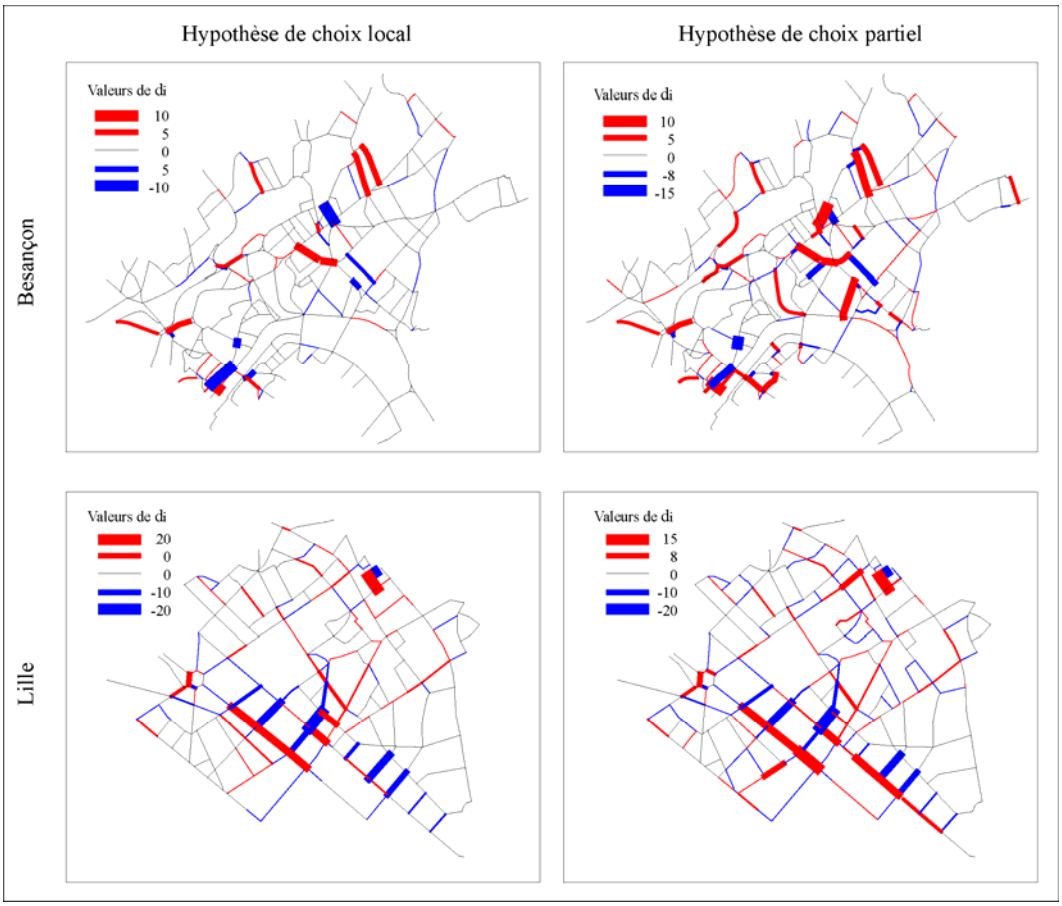


Figure 91 : Synthèse des résultats obtenus aux tronçons

La figure 91 présente les résultats obtenus à partir d'une simple différence entre le nombre de fois où chaque tronçon a été choisi et évité (notée d_i), pour les deux méthodes mises en œuvre. Plus la valeur d_i est forte, plus les tronçons sont a priori favorables à la marche à pied, et inversement. Bien entendu, cette différence a été calculée pour les deux sens d'usage des tronçons mais nous ne présentons ici que les valeurs agrégées, par souci de lisibilité. Il est difficile de décrire les résultats obtenus avec l'hypothèse de choix local. On peut tout de même remarquer que les tronçons semblent dessiner, spécialement à Lille, des segments de rues entièrement positifs ou négatifs. Cette remarque est amplifiée pour l'hypothèse de choix partiel et l'on reconnaîtra, en positif et encore une fois à Lille, certaines lignes axiales qui avaient été caractérisées par de fortes valeurs d'intégration[77].

[77] - Cf partie 3, chapitre 1.

2. Incidence des paysages sur les bifurcations

Afin de créer un modèle prédictif du choix de bifurcation permettant de tester le rôle des variables paysagères, nous utilisons à nouveau le logit simple. Ce modèle traite les deux modalités de choix tels que le piéton les appréhende : il oppose le segment du plus court chemin au segment du chemin emprunté. Appliqué indépendamment à chaque bifurcation, il permet de calculer précisément le rôle éventuel de chaque variable paysagère.

2.1. Hypothèse de choix local

L'introduction de variables paysagères dans le modèle de choix local se base sur l'hypothèse que le piéton abandonne le chemin optimal en raison des informations visuelles qu'il reçoit en cours de route. Ainsi, la perception instantanée de l'environnement urbain le pousse à choisir un itinéraire moins efficace.

Paysages	Coefficients	Stat ln($L(\beta)$)	Stat χ^2	ρ^2
Variable neutre	-	-98,43	-	-
Niv. Int. Monument	-2,01	-88,97	0,001	0,086
Niv. Int. Commercial	0,56	-85,56	0,01	0,110
Citadelle	0,35	-81,69	0,01	0,140
Haies	0,93	-78,63	0,05	0,160
Chemin de fer	1,31	-75,75	0,05	0,180

Tableau 43 : Hypothèse de choix local, modèle paysager à Besançon

A Besançon, seule la variable *niveau intermédiaire monuments* joue négativement, ce qui était déjà apparu dans d'autres types d'analyses (tableau 43). En positif, les variables *niveau intermédiaire commercial*, *citadelle* voire *haies* semblent logique. Plus surprenante, la variable *chemin de fer* apparaît pour la première fois en positif.

Paysages	Coefficients	Stat ln($L(\beta)$)	Stat χ^2	ρ^2
Variable neutre	-	-178,14	-	-
Arbres	0,35	-169,46	0,001	0,043
Niv. Int. Commercial	0,53	-157,72	0,001	0,103
Murs	-0,1	-149,70	0,001	0,143
Arbustes	0,85	-145,71	0,01	0,160
Niv. Int. Industriel	-1,09	-142,83	0,05	0,170
Imm. Commercial	-0,51	-140,87	0,05	0,176

Tableau 44 : Hypothèse de choix local, modèle paysager à Lille

Deux classes de la catégorie *végétation* et le *niveau intermédiaire commercial* influencent positivement les choix à Lille (tableau 44). La fonction *commerciale* semble toutefois sujette à caution puisque les *immeubles commerciaux* sont cette fois négatifs. Les *murs* et la fonction *industrielle* complètent la liste des variables négatives, ce qui rejoint d'autres résultats énoncés précédemment.

Pour les deux villes, le ρ^2 reste néanmoins très faible. Cela n'indique pas pour autant que l'hypothèse de choix local est invalide. On affirmera plutôt qu'en considérant le choix local, les paysages n'interviennent que très peu dans les bifurcations du plus court chemin.

2.2. Hypothèse de choix partiel

Au regard des résultats obtenus, on constate tout d'abord que le ρ^2 est davantage satisfaisant pour les modèles portant sur le contexte de choix partiel (tableaux 45 et 46). Suivant cette hypothèse, les variables paysagères permettent de mieux expliquer les bifurcations. Par ailleurs, les classes retenues sont fondamentalement différentes de celles obtenues dans le contexte de choix local. Elles agissent quasi toutes de manière positive hormis les *immeubles résidentiels* à Besançon et le *stationnement* à Lille.

Paysages	**Coefficients**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat χ^2**	**ρ^2**
Variable neutre	-	-101,89	-	-
Cours d'eau	1,57	-76,91	0,001	0,235
Largeur des trottoirs	2,26	-68,67	0,001	0,306
Imm. Résidentiel	-1,07	-63,19	0,001	0,350
Imm. Commercial	3,64	-57,83	0,01	0,393
Imm. Monuments	2,08	-52,89	0,01	0,432
Relief	1,82	-50,05	0,05	0,450

Tableau 45 : Hypothèse de choix partiel, modèle paysager à Besançon

Bien que la qualification du *bâti* soit différente, les fonctions *commerciales* et *monuments* agissent positivement dans les deux villes ; c'est aussi le cas de la *largeur des trottoirs* qui, jusqu'à présent, était plutôt apparu en négatif. Deux classes spécifiques du site bisontin, les *cours d'eau* et le *relief*, sont aussi intégrées de manière positive au modèle. On retrouve à Lille la classe *nombre de voies* qui reste positive, conformément à ce qui avait déjà été observé auparavant.

Paysages	**Coefficients**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat χ^2**	**ρ^2**
Variable neutre	-	-164,28	-	-
Niv. Int. Commercial	0,68	-132,39	0,001	0,188
Niv. Int. Monuments	3,27	-116,69	0,001	0,278
Nbre Voies	1,39	-102,74	0,001	0,356
Stationnement	-1,08	-93,86	0,001	0,404
Largeur des trottoirs	1,67	-89,68	0,01	0,424

Tableau 46 : Hypothèse de choix partiel, modèle paysager à Lille

Pour les deux types d'hypothèses, la plupart des variables retenues sont positives, ce qui indique que les bifurcations sont liées à la recherche de paysages attractifs. On retrouve, une fois de plus, la fonction *commerciale* comme variable positive mais il est difficile d'établir d'autres parallèles entre les deux villes ou d'une hypothèse à l'autre. Les hypothèses formulées

sont donc très importantes car elles influent sur le rôle supposé des paysages urbains. Etant donné les résultats obtenus, il semble que l'hypothèse de choix partiel soit plus intéressante dans le cadre de l'étude des paysages. Il se peut toutefois que la dimension spécifique du choix local soit imparfaitement prise en compte. C'est pourquoi nous proposons d'appliquer quelques indicateurs supplémentaires à la méthode de choix local, considérant que les paysages ne sont pas suffisants pour reproduire la spécificité d'une vision au carrefour.

3. Quelques indicateurs techniques de visibilité

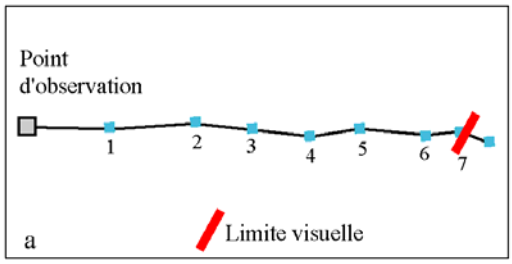
Les psychologues de l'espace décrivent souvent le trajet comme une expérience à la fois motrice, dépendante notamment des angles et des lignes droites, et esthétique (recherche de valorisation) (Moles et Rohmer, 1982). Ainsi, le pathfinding ou wayfinding est un thème de recherche en psychologie qui s'attache à décrire la manière dont les individus se déplacent dans l'espace. Ce thème étudie la résolution de problèmes spatiaux par les individus, en fonction du contenu de l'information disponible et de sa localisation. Même si le wayfinding conjugue de manière très générale l'étude de la perception, de la cognition et de la prise de décision (Stern et Portugali, 1999), les méthodes employées passent souvent par une détermination des angles, de la longueur des segments ou de la direction du mouvement (Golledge, 1999) dans le cadre des choix d'itinéraires. Nous nous inspirons de ces indicateurs d'orientation et/ou visuels car ils peuvent s'intégrer à nos réflexions sur les paysages. En effet, le paysage urbain peut aussi être considéré à travers un critère de lisibilité urbaine qui associe des notions de repérage et d'orientation facilitant la compréhension de la ville (Gallety cité par Héran, 2002).

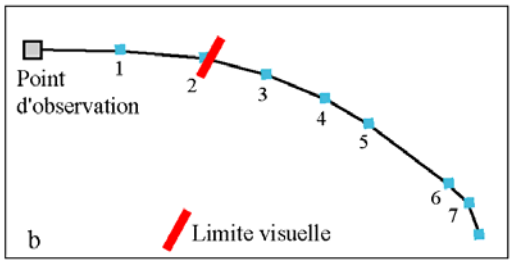
Dans l'hypothèse de choix local, la réaction à l'environnement urbain est fonction de l'expérience visuelle au carrefour. Notre objectif est donc de compléter les variables paysagères par des indicateurs liés à la vision ou à l'orientation. Très théoriques, ils ne représentent qu'une partie des calculs potentiellement réalisables.

3.1. Reproduire la vision du piéton

Un repérage terrain a permis de fixer un angle maximum moyen de 12° au-delà duquel la vision du piéton n'est plus possible. Toutefois, cette limite maximale n'est pas suffisante pour déterminer les perspectives visuelles des individus et il est essentiel de prendre en compte la succession des sens des angles. En effet, sans distinction des sens, les exemples 1 et 2 de la figure 92 seraient considérés comme identiques car ils présentent les mêmes valeurs d'angles. Dans les deux cas, le piéton serait ainsi capable de voir l'ensemble des arcs représentés ici. L'introduction d'une contrainte de sens permet de différencier les deux visions proposées. La méthode consiste simplement à sommer les angles (négativement pour une courbe à gauche et positivement pour une courbe à droite). Tant que le seuil de 12° n'est pas dépassé, à la fois pour l'angle étudié et pour la somme des angles pris en compte depuis le point d'observation, alors l'arc suivant l'angle sera considéré comme vu. Cette méthode est beaucoup plus réaliste et détermine une longue perspective visuelle pour l'exemple 1, succession d'angles dans les

deux sens et qui se compensent. En revanche, l'exemple 2 offre une perspective beaucoup plus réduite car les angles sont toujours dans le même sens.





a et b

Id. angles	Degrés
1	7°
2	9°
3	4°
4	8°
5	11°
6	2°
7	6°

Pas de distinction du sens des angles

a

Id. angles	Gauche	Droite	Somme
1	7°	-	-7°
2	-	9°	2°
3	-	4°	6°
4	8°	-	-2°
5	-	11°	9°
6	2°	-	7°
7	-	6°	13°

b

Id. angles	Gauche	Droite	Somme
1	-	7°	7°
2	-	9°	16°
3	-	4°	20°
4	-	8°	28°
5	-	11°	39°
6	-	2°	41°
7	-	6°	47°

Distinction du sens des angles

Figure 92 : Distinction du sens des angles

3.2. Calculs d'indicateurs spécifiques

Sur la base de ces calculs d'angles censés reproduire la vision des piétons, il est possible de tester quelques indicateurs spécifiques pouvant être utilisée dans le cadre des bifurcations. En effet, si l'on peut se baser sur les paysages pour étudier les choix d'itinéraires aux bifurcations, la prise en compte d'indicateurs visuels semblent également prépondérante. Ils permettront de vérifier plusieurs hypothèses.

Le tronçon choisi est celui qui présente l'angle le plus faible avec la destination.

Le premier indicateur permet de déterminer l'angle formé par le segment joignant les extrémités du tronçon considéré avec le segment joignant la destination (indicateur "angle tronçon"), l'hypothèse sous-jacente étant que ces angles peuvent conduire à des erreurs d'appréciation dans la détermination du plus court chemin ; certains travaux ont déjà abordé cette thématique des angles (par exemple Bazzani *et al.*, 2003). Selon J. Pailhous (1970), les choix spatiaux seraient le résultat de la confrontation entre un "référentiel égocentré" dépendant des coordonnées individuelles et un "référentiel exocentré" non maîtrisé qui correspond à la réalité du terrain. Le déplacement dans l'environnement urbain implique donc, pour chaque individu, une prise de décision qui doit faire concorder information interne, celle de l'individu, et externe, celle générée par l'environnement de marche (Stern et Portugali, 1999). C'est pour cette raison que le déplacement obéirait à cette règle élémentaire de

minimisation de l'angle du tronçon avec la destination, dès lors que les déplacements étudiés se caractérisent par une destination suffisamment éloignée pour ne pas être directement perçue par l'individu (Allen, 1999).

Nous proposons également un deuxième indicateur basé sur le même principe mais qui, cette fois, prend en compte les angles selon une règle de visibilité théorique (indicateur "angle visibilité"). En effet, certains tronçons étant très incurvés, notamment à Besançon, il nous semblait réducteur de ne considérer que les angles calculés depuis les extrémités des tronçons. Un calcul de visibilité permet donc de déterminer les nœuds du tronçon vus depuis la bifurcation ; le plus éloigné du point d'observation est ensuite sélectionné pour servir au calcul d'angle. On voit sur la figure 93 que l'angle X'' de l'itinéraire emprunté est nettement différent suivant les deux techniques employées.

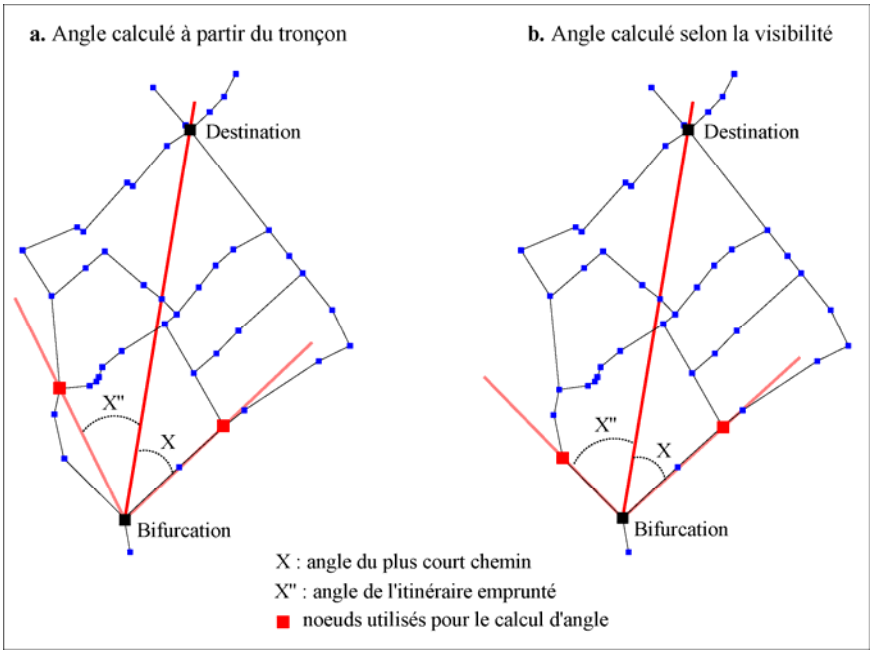


Figure 93 : Deux méthodes pour calculer l'angle de l'itinéraire choisi avec la destination

Deux autres indicateurs ont été créés pour retranscrire la vision des piétons aux carrefours (figure 94).

Le tronçon choisi est celui qui est le plus vu depuis le carrefour, lieu de choix recensé par l'algorithme (figure 94a).

Cet indicateur compare la visibilité des deux tronçons impliqués dans la bifurcation. Un pourcentage de visibilité est calculé partant du principe que le tronçon le plus vu, celui qui se révèle le plus au piéton, a une plus forte probabilité d'être choisi (indicateur "visibilité carrefour-tronçon") (voir par exemple Turner, 2001).

Le tronçon choisi est celui qui fait partie de la perspective visuelle la plus étendue au carrefour (figure 94b).

Le deuxième indicateur calcule la perspective visuelle, c'est-à-dire la profondeur de vue attenante à chaque tronçon ; elle est exprimée en mètres (indicateur "visibilité carrefour-profondeur de vue").

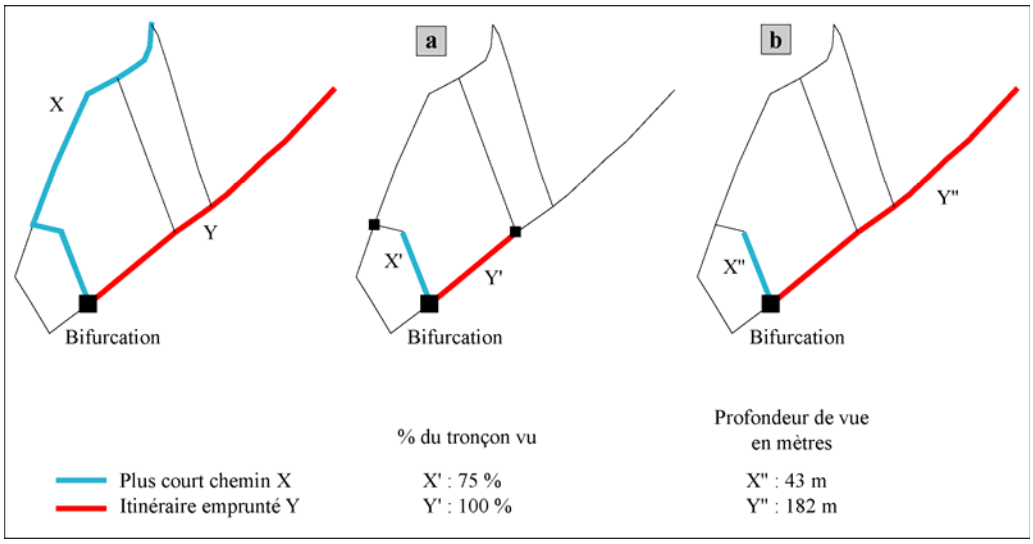


Figure 94 : Calcul de visibilité à la bifurcation

Le tronçon choisi est celui qui est le plus vu lors du parcours du tronçon précédent.

Le dernier indicateur est un calcul d'intervisibilité entre le tronçon parcouru avant la bifurcation et, d'une part, le tronçon choisi, d'autre part le tronçon du plus court chemin abandonné (figure 95). Il est borné entre 0 (visibilité nulle) et 1 (visibilité maximale). Il s'agit en quelque sorte du mode de soumission à la vue des tronçons qui donnent lieu à la bifurcation. On peut parler ici de visibilité dynamique (Serrhini, 2003) et l'algorithme calcule l'indicateur en conséquence. Si l'arc cible est considéré comme vu depuis l'arc d'observation, on ajoute à l'indicateur d'intervisibilité la longueur de l'arc d'observation multiplié par la longueur de l'arc vu. Une fois effectué, ce calcul d'intervisibilité effectif doit être comparé à la situation d'intervisibilité maximale théorique du même couple de tronçons. Celle-ci correspond à la valeur maximale de visibilité entre les deux tronçons, s'ils étaient constamment soumis à la vue l'un de l'autre. Au final, la formule d'intervisibilité relative est donc la suivante :

$$Iv = \frac{\sum_{k=1}^{i}\sum_{i=1}^{n} La_k \times La_i}{Lt_{parcouru} \times Lt_{"testé"}}$$

avec La_k comme longueur de chaque arc k parcouru, La_i la longueur de chaque arc i "testé", $Lt_{parcouru}$ la longueur du tronçon parcouru et $Lt_{"testé"}$ la longueur du tronçon testé. La contrainte angulaire permettant de reproduire la vision du piéton s'applique uniquement à la longueur des arcs testés comme suit :

$$La_i = \begin{cases} \text{longueur de l'arc testé si tous les angles précédents ET la somme des angles} \leq 12° \\ \text{0 sinon} \end{cases}$$

A partir de la figure 95 on obtient donc le calcul suivant :

$$Iv = \frac{(14 \times 0) + (4 \times 4) + (5 \times 4) + (5 \times 21) + (5 \times 5)}{(23 \times 30)} = \frac{166}{690} = 0{,}241$$

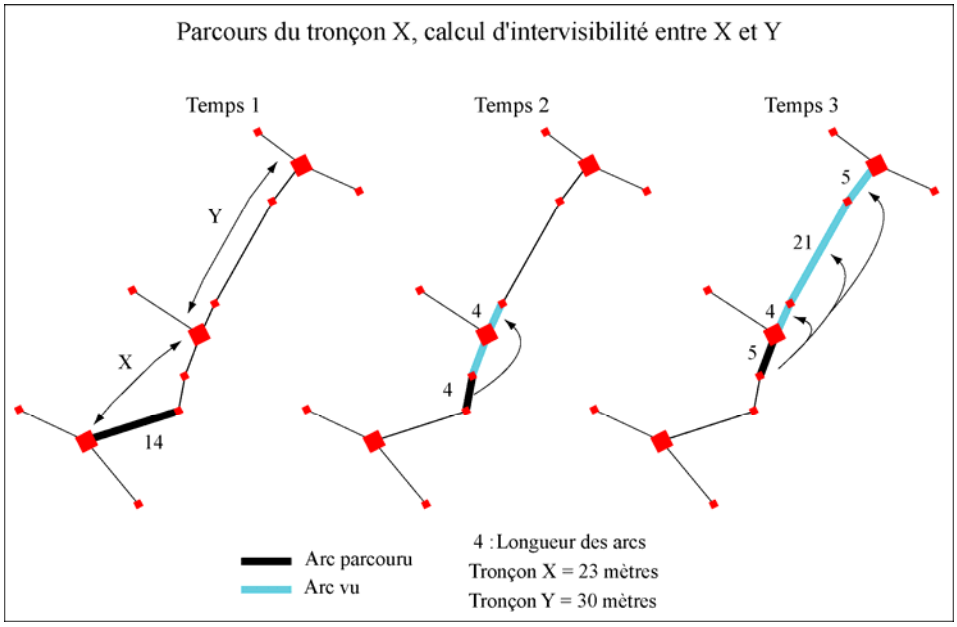


Figure 95 : Calcul d'intervisibilité entre deux tronçons

Le calcul d'intervisibilité permet de tester si les tronçons choisis sont ceux qui sont les plus soumis à la vue lors du parcours des tronçons précédant les bifurcations. On pourra aussi rapprocher cet indice des études portant sur les déplacements de certaines espèces animales et qui ont démontré que les choix successifs d'orientation sont dépendants de la direction des segments précédents[78] (Turchin, 1998). Naturellement il peut paraître délicat d'établir un lien simpliste avec les comportements humains. Mais les travaux des psychologues sur l'aspect moteur des déplacements ont déjà prouvé que des similitudes existent. Ainsi, A. Berthöz *et al.* (1999) ont démontré que l'orientation fait appel à la mémoire et est dépendante des repères visuels et des séquences de changement de direction. L'intervisibilité sera donc utilisée comme un indicateur de "proximité visuelle" censé jouer un rôle dans les choix d'itinéraires.

Par ailleurs, on remarquera que les méthodes de calculs d'intervisibilité et de perspectives visuelles aux bifurcations peuvent en partie être rapprochées de la détermination des lignes axiales dans la syntaxe spatiale.

[78] - Correlated random walks.

Quelques problèmes relatifs à la méthode employée

Les calculs de visibilité, censés retranscrire le plus fidèlement possible la vision du piéton, ne sont évidemment qu'une approximation de la réalité. Ainsi, deux biais principaux doivent être mentionnés au sujet de cette méthode.

Les tronçons sont considérés ici comme des "espaces clos". Mais si le bâti est lâche et qu'il n'oppose pas d'obstacle à la vue, la vision du piéton peut s'affranchir des règles édictées dans le cadre de notre méthode. Des vues latérales sont dès lors possibles et un tronçon pourtant fortement incurvé peut être tout à fait visible depuis un point d'observation. Malheureusement, nous ne disposions pas de données précises sur l'occupation du sol qui auraient permis de faire des calculs de visibilité similaires à ceux mis en œuvre dans l'approche surfacique de la syntaxe spatiale.

Malgré les relevés terrain qui ont permis de paramétrer le plus finement possible l'algorithme, il demeure quelques incertitudes au sujet des "possibilités visuelles". Par exemple, un angle faible suivi d'un long tronçon peut fermer le champ visuel plus efficacement qu'un angle important donnant accès à un tronçon très court. Sur ce point, les risques encourus à Besançon sont plus importants car le réseau est beaucoup plus irrégulier qu'à Lille.

3.3. Résultats des modèles "visibilité et paysages"

Les résultats sont concluants puisque les nouvelles variables permettent de faire progresser le ρ^2 de manière intéressante (tableaux 47 et 48). Le coefficient passe de 0,180 à 0,339 à Besançon et de 0,176 à 0,342 à Lille. Certes, les niveaux atteints demeurent inférieurs à ceux de l'hypothèse de choix partiel, mais les indicateurs testés ont contribué à créer un modèle plus en adéquation avec la réalité.

Paysages	**Coefficients**	**Stat ln($L(\beta)$)**	**Stat χ^2**	ρ^2
Variable neutre	-	-98,43	-	-
Angle Visibilité	0,29	-88,91	0,001	0,087
Niv. Int. Monument	-2,17	-72,85	0,001	0,240
Stationnement	1,11	-68,87	0,01	0,270
Imm. Commercial	4,02	-65,38	0,01	0,295
Niv. Int. Public	-1,11	-62,43	0,05	0,315
Mais. Ind. Résidentiel	-1,12	-59,04	0,01	0,339

Tableau 47 : Hypothèse de choix local, modèle "visibilité et paysages" à Besançon

A Besançon, parmi les nouveaux indicateurs créés, seule la variable de l'angle entre la destination et les tronçons, défini selon des critères de visibilité, est intégrée au modèle. Mais comme le coefficient est positif, cela signifie que les piétons tendent à choisir des tronçons qui augmentent l'angle avec la destination. Evidemment, ce constat va de paire avec les choix d'itinéraires spécifiques étudiés dans le cadre des bifurcations puisque l'on peut postuler que le

plus court chemin abandonné est la plupart du temps celui qui passe par le tronçon dont l'angle est minimal.

Paysages	Coefficients	Stat ln($L(\beta)$)	Stat χ^2	ρ^2
Variable neutre	-	-178,14	-	-
Intervisibilité	0,35	-139,63	0,001	0,211
Angle Visibilité	-0,09	-129,67	0,001	0,261
Niv. Int. Commercial	0,54	-124,55	0,01	0,284
Nbre voies	0,42	-118,05	0,001	0,315
Visibilité Carrefour-profondeur de vue	0,02	-114,73	0,01	0,328
Imm. Commercial	1,09	-111,25	0,01	0,342

Tableau 48 : Hypothèse de choix local, modèle "visibilité et paysages" à Lille

La même variable agit négativement à Lille. Ainsi, lorsque les piétons choisissent un autre itinéraire que le plus court chemin, ils cherchent en partie à minimiser cet angle. Cette observation est conforme à nos hypothèses : les piétons sont parfois induits en erreur par les angles des tronçons avec la destination. Les indicateurs d'intervisibilité et de profondeur de vue au carrefour sont les deux autres variables d'un modèle qui intègre largement les nouvelles variables testées. L'intervisibilité démontre que les piétons choisissent de préférence les tronçons qui sont les plus soumis à la vue avant la bifurcation. De la même manière, la profondeur de vue au carrefour indique qu'en situation de choix d'itinéraire à un carrefour, les piétons privilégient les perspectives visuelles les plus longues. Ces deux règles de visibilité pourront aussi être rapprochées des lignes axiales et du mouvement naturel de la syntaxe spatiale.

Conclusion

Cette nouvelle méthode des choix d'itinéraires progressifs a été mise au point dans un souci de limiter la prise en compte d'itinéraires factices, non évalués par les piétons. En l'état, elle n'est pas davantage satisfaisante que celle basée sur les ensembles de choix mais elle peut donner lieu à des pistes de recherche très intéressantes. On pourrait imaginer prendre en compte toutes les alternatives contenues dans l'intervalle d'allongement mis en évidence par le trajet emprunté au détriment du plus court chemin. Ainsi, il ne s'agirait plus d'un choix binaire mais d'un choix multiple dans lequel d'autres options potentielles seraient prises en compte car inférieures à l'allongement engendré par le choix effectué.

La technique des bifurcations se révèle surtout intéressante pour les hypothèses comportementales qu'elle permet de tester. L'hypothèse de choix partiel est la plus satisfaisante mais l'adjonction d'indicateurs spécifiques à la problématique des bifurcations permet de parfaire les modèles basés sur l'hypothèse de choix local. Par ailleurs, d'autres possibilités pourraient à l'avenir être testées :

- introduction d'une variable "allongement généré par l'abandon du plus court chemin" ;
- sélection des bifurcations affichant une différence minimale entre les deux alternatives ;
- enquête paysagère spécifique qui ne prendrait en compte que les éléments paysagers visibles au carrefour.

Ces perspectives nous incitent à penser que les hypothèses de maximisation locale et partielle de l'utilité restent à explorer et la méthode à améliorer. Plus généralement, il faudra engager les réflexions sur l'adaptation de la méthode à la prédiction des flux et sur une mise en relation des deux méthodes d'affectation utilisées (ensemble de choix prédéterminé/plus courts chemins progressifs).

Conclusion de la troisième partie

Les travaux sur les déplacements sont teintés d'a priori comme celui selon lequel les déplacements ne seraient qu'un moyen de déployer un programme d'activités (Kaufmann, 2000). Nous nous sommes positionnés à l'encontre de cette conception, considérant le déplacement comme un temps à part entière pouvant devenir un moment privilégié du vécu urbain des citadins. Nous avons donc analysé les trajets pédestres comme des temps non neutres, soumis à l'influence des paysages ; les méthodes variées développées à cet effet ont ainsi permis d'affiner notre connaissance des pratiques pédestres (tableau 49).

Chapitre	Objectifs	Méthodes	Objet d'analyse	Avantages de la méthode	Inconvénients de la méthode
1	Analyser la charge réelle en fonction des paysages	Calcul de corrélation (**1**)	Tronçons	Comparaison directe entre charge et paysages	Méthode agrégée peu réaliste
	Tester l'hypothèse de mouvement naturel en lien avec les paysages	Syntaxe spatiale (**2**) Régression multiple	Tronçons	Analyse basée sur des hypothèses visuelles	Pas de différenciation selon les contextes de choix
2	Mettre en œuvre les modèles de choix discrets d'un point de vue spatial	Modèle logit simple et hiérarchique - Calcul des valeurs de choix moyennes (**3**) - Calcul des valeurs de choix par trajet (**4**)	Tronçons	Analyse des choix aux tronçons	Ensemble de choix prédéterminé et donc arbitraire
	Analyser les choix d'itinéraires par une approche agrégée	Régression logistique binaire (**5**) Méthodes ROC-AUC-Kappa	Trajets	Simplicité	Pas de distinction selon les trajets
	Analyser les comportements de manière désagrégée	Modèle logit simple et hiérarchique Optimisation par la méthode du maximum de vraisemblance - Modèles univariés (**6**) - Modèles multivariés (**7**)	Trajets	Méthode très réaliste permettant de reproduire finement les comportements pédestres	Ensemble de choix prédéterminé et donc arbitraire
4	Etudier les choix d'itinéraires progressifs	- Algorithme des bifurcations locales (**8**) (modèle logit simple) - Algorithme des bifurcations partielles (**9**) (modèle logit simple)	Trajets	Pas d'ensemble de choix constitué à l'avance Recensement "dynamique" des choix d'itinéraires	Hypothèse forte sur la rationalité des piétons Difficile à mettre en œuvre dans une optique prédictive

Tableau 49 : Synthèse des méthodes d'analyse des paysages proposées

Quelles que soient leurs objectifs, toutes les méthodes ont été mises en œuvre dans le but de reproduire les comportements supposés des piétons, donnant ainsi lieu à plusieurs possibilités d'analyse qui peuvent être facilement réitérées. La multiplicité de ces techniques[79] a généré une série de résultats qu'il convient de résumer ici (tableau 50) ; les commentaires portent uniquement sur les variables qui ont été retenues comme statistiquement significatives.

Les éléments du *bâti* ont été regroupés selon leurs caractéristiques fonctionnelles car il s'agit des variables les plus discriminantes. On peut noter une constance assez nette dans les "diagnostics" établis. La fonction *résidentielle* est toujours négative, tout comme les fonctions *industrielles* et *publiques*, à une exception près. Elles s'opposent à la fonction *commerciale* qui est systématiquement positive : au-delà de leur rôle en tant que générateurs de déplacements (Antupit *et al.*, 1996 ; Shriver, 1997 ; Poerbo, 2001), les *commerces* agissent donc aussi pour les paysages qu'ils génèrent. Quant aux *monuments*, les résultats sont plus mitigés alors que, dans l'imaginaire collectif, ils valorisent les territoires urbains. Peut-être faut-il y voir une distinction entre les comportements au quotidien, étudiés ici, et les comportements touristiques plus friands de ce genre de paysages. On remarquera tout de même que les *monuments* imposants sont corrélés aux choix d'itinéraires alors que ceux de taille plus réduite, peut-être plus communs, jouent plutôt négativement.

La catégorie *obstacles visuels* doit être différenciée selon les villes. A Besançon, seules les *haies* sont positives alors qu'à Lille, les trois classes de l'item *obstacles visuels* sont toutes négatives.

De la même façon, on remarquera que l'item *végétation* est significatif à Lille et pas à Besançon. Cela peut s'expliquer par le fait que la zone d'étude lilloise est plus minérale que celle de Besançon, très bien dotée en espaces verts. Ainsi, l'importance d'une classe est aussi dépendante de son degré d'apparition car rien ne s'évalue isolément en ce qui concerne le paysage (Loiseau *et al.*, 1993). Seuls les *arbres* et, à un degré nettement moindre, les *parcs* apparaissent en positif dans cette catégorie. *Pelouses*, *arbustes* et *fleurs* ne sont pas particulièrement recherchés lors des déplacements pédestres. L'influence de la *végétation* est ainsi quelque peu remise en question alors qu'elle apparaît comme un moyen d'action privilégié par les planificateurs urbains. Cette observation rejoint d'autres travaux qui ont démontré que le lien marche à pied - *végétation* n'est pas toujours déterminant lorsque les déplacements sont utilitaires (Naderi et Raman, 2005 ; Cervero et Kockelman, 1997).

Dans l'item *espaces vides*, ce sont les *places* et *cours d'eau* qui ressortent en positif ; les *parkings* et le *chemin de fer* agissent comme des repoussoirs. Quant aux autres classes, elles sont discutées et plus difficilement interprétables. Dans la catégorie *arrière-plan*, le *relief* et la *citadelle*, spécificités bisontines, semblent attrayants mais sont rarement retenus.

La dernière catégorie, qui porte sur les caractéristiques techniques des voies, est la plus étonnante. Il est courant que les aménagements dédiés à la marche à pied tentent de limiter l'intensité de la circulation motorisée (Antupit *et al.*, 1996 ; Hine, 1996). Mais ici, la variable *nombre de voies*, souvent liée à un trafic routier important, est positivement corrélée aux

[79] - Les chiffres du tableau 50 renvoient aux analyses décrites dans le tableau 49.

comportements pédestres à Lille. Par ailleurs, bien que l'influence des trottoirs ait souvent été mentionnée (Rodriguez et Joo, 2004 ; Desyllas et Duxbury, 2001, Cervero et Kockelman, 1997), elle n'est que partiellement vérifiée ici car les résultats sont très variables. Finalement, seule la présence de véhicules en *stationnement* est conforme aux attentes : elle est défavorable à la marche à pied.

	VILLES	BESANÇON							LILLE								
	Méthodes utilisées	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bâti	Mais. Ind. Résidentiel								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Niv. Int. Résidentiel																
	Imm. Résidentiel																
	Mais. Ind. Commercial								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Niv. Int. Commercial																
	Imm. Commercial																
	Niv. Int. Industriel																
	Imm. Industriel								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Niv. Int. Public																
	Imm. Public																
	Niv. Int. Monuments																
	Imm. Monuments																
Clôtures	Murs																
	Haies																
	Portails																
Végétation	Pelouses																
	Arbustes																
	Arbres																
	Fleurs																
	Parcs																
Espaces vides	Cours d'eau																
	Places																
	Parkings																
	Ch. de Fer								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chantiers								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Carrefours								-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP	Relief								-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Citadelle								-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caract. tech.	Nbre de voies																
	Largeur des trottoirs																
	Stationnement																

Négatif Positif - Classe non étudiée

Tableau 50 : Synthèse des résultats selon les méthodes employées

Au final, malgré la pluralité des méthodes mises en œuvre, les résultats dessinent de manière relativement stable l'influence des paysages. Les conclusions qui émergent confirment en partie les modes d'action privilégiés par les aménageurs urbains. Toutefois, certains résultats s'opposent aussi à ces pratiques, contribuant ainsi à remettre en cause la pertinence de certaines politiques paysagères urbaines.

Ainsi, il semble souhaitable de favoriser l'implantation de *commerces* dans les zones qui n'en possèdent pas. *Arbres* et *places* apparaissent également comme des aménagements bénéfiques mais la *végétation* n'est pas systématiquement favorable à la marche à pied. Par ailleurs, la vue sur les *cours d'eau* et le *relief* doit être facilitée, lorsque cela est possible.

Toutefois, il ne faut toutefois pas perdre de vue le fait que les résultats sont dépendants du contexte paysager de nos zones ; à ce sujet, les architectes savent bien que qu'il n'est pas possible de définir des règles aisément généralisables (Mangin et Panerai, 1999). Les liens mis en évidence ici peuvent évidemment être remis en cause comme le témoignent les différences entre les deux zones étudiées. Les résultats ne sont pas pour autant invalides, il faut juste les considérer comme relatifs aux caractéristiques des terrains étudiés. En somme, il faut prendre ces résultats pour ce qu'ils sont : des premières indications qui devront nécessairement être confirmées, voire infirmées, sur d'autres terrains d'étude et à des échelles plus vastes.

Par ailleurs, on notera que ces résultats se situent en amont d'une démarche tournée vers la réalisation d'aménagements paysagers concrets. Il semblait essentiel de décrire précisément les comportements des piétons et les conditions dans lesquelles les choix sont effectués ; nous avons ainsi pu vérifier un certain nombre d'hypothèses, ce qui était l'objectif principal de notre travail. Très rapidement, des préconisations pourront toutefois être édictées car, à partir des résultats obtenus, la réalisation de cartes établissant des diagnostics spatiaux s'avérera possible.

Conclusion générale

Au commencement de ce travail sur la marche à pied et les paysages, nous pensions, sans doute naïvement, aborder un sujet de recherche peu traité. Il est vrai que l'abondance de la littérature consacrée aux modes motorisés tend à éclipser les travaux sur les autres modes de transport. Mais nous avons rapidement pris conscience que les recherches sur la mobilité pédestre sont, depuis quelques années, marqués par un fort dynamisme. Quant aux paysages urbains, ils prennent une place grandissante dans les questionnements sur le devenir des villes. Notre contribution s'est donc inscrite dans cette dynamique relative à la mobilité durable et à une gestion plus raisonnée de l'environnement urbain. Nous nous sommes attachés à développer les liens entre ces deux thématiques par le biais de la modélisation.

La mobilité est contrainte par la localisation des activités et la forme des réseaux viaires qui composent la ville, mais pour se déplacer, les individus disposent toujours de plusieurs solutions potentielles. Cette capacité d'adaptation, qui s'exprime par des choix de modes de transport, de destinations ou d'itinéraires peut en partie être appréhendée comme le témoignage des préférences individuelles. Par conséquent, une des façons de révéler le lien qu'entretiennent les citadins avec les paysages urbains passait par l'analyse des choix d'itinéraires pédestres. Les paysages urbains, relevés par le biais d'une enquête paysagère *in situ*, ont été confrontés aux itinéraires recensés sur nos deux aires d'étude. A cet effet, nous avons choisi d'adopter une approche résolument objective, basée sur des modèles de choix ayant déjà fait leur preuve dans des contextes variés. Cela nous a conduit, par goût et par nécessité, à intégrer les travaux d'autres disciplines, qui analysent traditionnellement les prises de décision des individus. C'est ainsi que nous avons utilisé des formalismes économiques et psychologiques, mais en cherchant toutefois à les intégrer dans une approche spécifiquement géographique. L'approche adoptée a pu sembler très conceptuelle et fondamentale mais les applications proposées n'étaient jamais très éloignées des comportements supposés des piétons.

C'est d'ailleurs pour répondre à la complexité de ces comportements que nous avons mis en œuvre différents types d'analyses croisant itinéraires pédestres et informations paysagères. Nous avons ainsi démontré que de nombreuses méthodes peuvent s'appliquer à la marche à pied et permettent d'améliorer la connaissance des pratiques.

Des paysages déterminants

Les résultats obtenus prouvent que le paysage est parti intégrante du phénomène de perception de l'environnement urbain. Les comportements rationnels priment mais les paysages influencent également les choix d'itinéraires car "*avec l'augmentation de la fréquence de navigation, l'usage relatif d'information et l'expérience globale décroissent, l'usage relatif d'expérience spécifique augmente*". (Stern et Portugali, 1999). Si l'orientation et l'identification jouent un rôle dans les choix d'itinéraires, il semble que le besoin d'agrémenter son trajet, qui passe par la recherche de paysages agréables, joue un rôle non négligeable dans le cadre des trajets routiniers. Il paraît donc indispensable de les prendre en compte de manière plus systématique dans les travaux portant sur l'environnement urbain. Par ailleurs, la multiplication des analyses mises en œuvre, basées sur des hypothèses parfois très différentes, a généré de nombreux résultats dont la cohérence nous semble remarquable. Au final, peu de classes paysagères sont douteuses quant à leur influence, positive ou négative, sur les choix pédestres et le "diagnostic" établi est relativement clair. Pour la plupart, elles confirment les modes de pensée dominants ; commerces, arbres, places et cours d'eau sont favorables à la marche à pied. Certains résultats, plus surprenants (arbustes, pelouses ou monuments intermédiaires en négatif), démontrent néanmoins que les idées préconçues sont dangereuses en matière de paysages. Ainsi, il faut se garder de toute généralisation hâtive et abusive et nous ne ferons pas de lecture déterministe des conclusions auxquelles nous sommes parvenus, en conformité avec les principes d'un néo-urbanisme qui s'efforce désormais "*d'élaborer des réponses spécifiques à chaque situation*" (Ascher, 2001). Les résultats obtenus ne peuvent en aucun cas conduire à privilégier systématiquement les paysages attractifs aux dépends des paysages négatifs. En effet, si certains paysages sont apparus comme positifs, c'est avant tout parce que leur distribution spatiale est inégale dans l'espace urbain et qu'ils s'opposent à d'autres types de paysages. C'est ce jeu d'attraction-répulsion qu'il faut considérer et toute tentative d'aménagements paysagers concrets devra en tenir compte. Plus sûrement, les connaissances générées pourront servir à agir ponctuellement, dans des espaces délaissés par les pratiques pédestres. Bien entendu, il ne faudra pas s'attendre à des changements de comportement systématique et les aménagements paysagers ne pourront intervenir qu'en complément de mesures plus contraignantes.

Par ailleurs, nous rappellerons ici que nous avons effectué, tout au long de ce mémoire, une lecture critique des méthodes employées. Nous souhaitons insister à nouveau sur les réticences qui persistent au sujet des hypothèses parfois émises. Ainsi, les modèles de choix discrets d'itinéraires font l'objet de vive critique, de la part même des économistes qui les ont pourtant mis au point. Les limites relevées portent sur le phénomène perceptif d'individus censés disposer de toutes les informations relatives à leur environnement et effectuant leurs choix en conséquence. Dans l'absolu, les comportements ne devraient pas être intégrés de manière aussi superficielle et systématique (McFadden, 2000). En nous appuyant sur les formalismes des psychologues, nous avons esquissé les bases d'une nouvelle façon de modéliser les choix d'itinéraires ; cette voie reste évidemment à explorer. Par ailleurs, nous avons également démontré que de nouvelles méthodes spécifiques, comme les plus courts chemins progressifs, enrichissent notre connaissance de la marche à pied. La plupart des méthodes ont donné satisfaction et semblent adaptées à l'étude des comportements de mobilité. Elles ont chacune

contribué à révéler une facette des comportements piétonniers. Petit à petit, le puzzle se reconstitue mais des efforts considérables sont encore nécessaires. Au final, les conclusions portant sur les modèles mis en œuvre prouvent que les applications spatiales sont essentielles et c'est tout le champ de la mobilité pédestre que les géographes gagneraient à investir davantage, aux côtés d'autres disciplines déjà fortement impliquées. La géographie quantitative permet, en effet, la mise en œuvre d'outils d'analyse très puissants et les perspectives de recherche semblent nombreuses et prometteuses.

De nombreuses perspectives de recherche

Pour énoncer ces perspectives, il faut effectuer une lecture critique du travail accompli. Beaucoup de questions restent en suspens, comparativement aux réponses apportées. Mais la liste que nous dressons ici, non exhaustive, est aussi une source de motivation réelle pour des travaux futurs.

En premier lieu, nous réaffirmerons la nécessité de reproduire les analyses menées dans d'autres villes et pour des zones d'étude plus vastes. On pourra d'ailleurs se questionner sur le mode de recensement des préférences paysagères et des trajets effectués. Des questions plus qualitatives, qui nous ont parfois fait défaut, pourraient être posées en complément des analyses réalisées ensuite sur les choix d'itinéraires. Par ailleurs, les apports de l'imagerie satellitaire, dont la précision croît sans cesse, pourraient permettre de réaliser des analyses plus facilement reproductibles.

Dans ce travail, nous avons utilisé la théorie des graphes pour modéliser le réseau, préalable essentiel à la mise en œuvre de modèles de choix discrets. Cette méthode semblait plus pertinente dans l'optique d'analyser les choix des piétons puisque, à chaque intersection viaire, correspondait un nœud, support du choix d'itinéraire. Néanmoins, les travaux sur la syntaxe spatiale ont laissé entrevoir de réelles possibilités, d'autant plus que les hypothèses correspondent en partie à nos objectifs d'analyse visuelle et paysagère. Plutôt que de choisir entre l'une ou l'autre de ces approches, il serait donc envisageable de croiser ces deux thématiques, ce qui se révélerait, nous n'en doutons pas, fort enrichissant. Les plus courts chemins pourraient ainsi être définis selon des critères de visibilité liés au "mouvement naturel".

Il serait aussi intéressant de tester, dans le cadre des choix progressifs d'itinéraires, la succession des choix qui interviennent dans le cadre de chaque trajet, en intégrant l'influence des choix d'itinéraires précédents. Cette méthode s'inspirerait en partie du modèle de A. Tversky et I. Simonson (1993), qui propose d'intégrer l'influence des choix passés. Cela reviendrait à considérer que les choix effectués précédemment par un piéton conditionnent ceux qui lui succèdent lors d'un trajet. A ce titre, A. Moles et E. Rohmer (1982), psychologues de l'espace, parlent d'une manière de "*maîtriser cognitivement l'espace, c'est-à-dire garder dans son esprit l'ensemble de ses démarches antérieures*". Se faisant, l'individu mobile établit "*une corrélation entre son passé et son devenir moteur*".

D'autres pistes de recherche sont liées aux travaux des psychologues. Par exemple, les "effets Gibson" démontrent que la perception des individus est adaptative. Ainsi, en présence d'un stimulus continu, celui-ci tend à être sous-estimé, à devenir quasi neutre. Pour un individu, si un trajet comporte de nombreuses portions bien dotées pour telle ou telle classe paysagère, cela signifie que l'élément paysager en question ne sera plus un déterminant du choix essentiel, même si celui-ci est fortement apprécié. Par ailleurs, les capacités d'adaptation devraient également être prises en compte. En effet, les individus tendent à s'approprier les territoires qu'ils fréquentent, selon un mécanisme d'assimilation. Une phase d'accommodation permet ensuite de faciliter cette assimilation, via une adaptation du système cognitif, lorsque le milieu présente une quelconque "résistance". Transposé à notre sujet d'étude, cela revient à considérer que les piétons sont tout à fait capables de s'adapter aux paysages qu'ils côtoient, quand bien même ces derniers ne faisaient pas partie de leurs préférences a priori. Ces comportements par lesquels des informations trop déplaisantes sont filtrées voire censurées ont pu biaiser nos estimations. Il conviendrait donc de se pencher sur des modèles plus perfectionnés intégrant des comportements plus fins car, comme l'affirme E. Goffman (1973), l'individu "*a moins appris à connaître le monde qu'il ne s'est exercé à y faire face*" mais il sait aussi "*éviter les occasions, les lieux, les activités et les objets qu'il ne saurait pas maîtriser [...] à moins d'y consacrer plus d'efforts qu'il n'en a envie*".

Par ailleurs, les modèles utilisés, statiques, simplifient la réalité en ne prenant pas en compte les interactions des individus entre eux. L'intégration des résultats obtenus dans des modèles dynamiques de type systèmes multi-agents pourrait se révéler plus réalistes et plus utiles pour la réalisation d'études prédictives.

Nous venons de baliser quelques pistes de recherche qui nous semblent essentielles et qui viennent compléter une thématique en forte expansion. Notre recherche n'a fait qu'effleurer le champ des possibles et nous espérons pouvoir le poursuivre par la suite. A partir des résultats obtenus, un travail d'identification des zones à étudier en priorité s'avérera nécessaire. Sans doute faut-il y voir les prolongements de notre travail : proposer des règles opératoires pour mettre en pratique les résultats conceptuels que nous avons fait émerger. Pour cela, il faudra trouver le juste milieu entre une définition toujours plus précise des comportements et la capacité à réaliser des diagnostics spatiaux aptes à favoriser des aménagements concrets.

Bibliographie

AGRESTI A. (1990) : *Categorical Data Analysis*, J.Wiley, New York.

AGUILERA A., MIGNOT C. (2002) : "Formes urbaines et mobilité", in *Actes du XXXVIII colloque de l'ASRDLF*.

ALLAIN R. (2004) : *Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville*, A. Colin, Paris.

ALLAN A. (2001) : "Walking as a local transport modal choice in Adelaide", in *Actes du colloque Walking in the 21st century*, pp. 122-134.

ALLEN G. (1999) : "Spatial abilities, cognitive maps, and wayfinding : bases for individual differences in spatial cognition and behavior", in *Wayfinding behaviour, Cognitive mapping and other spatial processes* (ed. By R. G. Golledge), John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 46-80.

AMAR G. (1993) : "Pour une écologie urbaine des transports", *Les annales de la recherche urbaine*, n° 59-60, pp. 140-151.

AMPE F., NEUSCHWANDER C. (2002) : *La République des villes*, Ed. de l'Aube Datar, La Tour d'Aigues.

ANSELIN L. (1995) : "Local indicators of spatial association - LISA", *Geographical analysis*, vol. 27, n° 2, pp. 93-115.

ANTILLE N. (2002) : *Modèles comportementaux de choix d'itinéraire*, travail de diplôme, EPFL, Lausanne.

ANTUPIT S., GRAY B., WOODS S. (1996) : "Steps ahead : making streets that work in Seattle, Washington", *Landscape and Urban Planning*, vol. 35, pp. 107-122.

ASCHER F. (2001) : *Les nouveaux principes de l'urbanisme, la fin des villes n'est pas à l'ordre du jour*, Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

ASCHER F. (2000) : *Ces événements nous dépassent, feignons d'en être les organisateurs. Essai sur la société contemporaine*, Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

ASCHER F. (1998) : *La république contre la ville : essai sur l'avenir de la France urbaine*, Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

ASCHER F. (1995a) : *Métapolis ou l'avenir des villes*, Ed. O. Jacob, Paris.

ASCHER F. (1995b) : "De la ville fordienne à la ville postfordienne", in *Actes du colloque Se déplacer au quotidien dans trente ans : éléments pour un débat* (ADEME, DRAST, INRETS), La Documentation française, Paris, pp. 19-33.

AUDAB (2006) : "Densités et formes urbaines, une démarche intégrée de la planification au projet urbain", *Planification et projet urbain*, n° 1.

AUGOYARD J. F. (1979) : *Pas à pas, essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*, Ed. du Seuil, Paris.

AUTHIER J. Y., LEVY J. P. (2002) : "L'étude des rapports résidentiels des citadins : une approche compréhensive des mobilités en milieu urbain", in *L'accès à la ville, les mobilités spatiales en question* (dir. par Lévy J. P. et Dureau F.), l'Harmattan, Paris, pp. 329-354.

BAILLY A. (1995) : "Les représentations en géographie", in *Encyclopédie de géographie* (dir. par Bailly A., Ferras R., Pumain D.), Economica, Paris, pp. 369-381.

BAILLY A. (1977) : *La perception de l'espace urbain : les concepts, les méthodes d'étude, leur utilisation dans la recherche géographique,* Thèse de doctorat. Université de Paris IV.

BAILLY A. (1974) : "La perception des paysages urbains. Essai méthodologique", *L'Espace Géographique*, n° 3, pp. 211-217.

BAILLY J. P., HEURGON E. (2001) : *Nouveaux rythmes urbains : quels transports ?*, Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

BANOS A. (2001) : *Le lieu, le moment, le mouvement : pour une approche spatio-temporelle désagrégée de la demande de transport en commun en milieu urbain*, Thèse de Doctorat de géographie, Université de Franche-Comté.

BANOS A., CHARDONNEL S., LANG C., MARILLEAU N., THEVENIN T. (2005) : "Modéliser et simuler la « fourmilière » urbaine par les systèmes multi-agents", in *Actes de Sagéo 2005*.

BATTY M. (1997) : "Predicting where we walk", *Nature*, vol. 388, pp. 19-20.

BAZZAN A., WAHLE J., KLÜGL F. (1999) : "Agents in traffic modelling: From reactive to social behaviour", in *Proceedings of the 23rd Annual German Conference on Artificial Intelligence: Advances in Artificial Intelligence* (dir. Par Burgard W; Christaller T., Cremers A. B.), Springer, Berlin, pp. 303-306.

BAZZANI A., GIORGINI B., SERVIZI G., TURCHETTI G. (2003) : "A chronotopic model of mobility in urban spaces", *Physica A, Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 325, Issues 3-4, pp. 517-530.

BEAUCIRE F. (2004) : "La ville compacte est-elle importable en France ?" in *Les sens du mouvement* (sous la direction de Allemand S., Ascher F. et Lévy J.), Belin, Paris, pp. 170-174.

BEAUCIRE F. (2002) : *Sur la relation transports/urbanisme*, Réflexions en cours sur l'après PREDIT.

BEGUIN H., THOMAS I. (1997) : "Morphologie du réseau de communication et localisation optimales d'activités. Quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau ?", *Cybergéo*, n° 26.

BEN-AKIVA M., BIERLAIRE M. (1999) : "Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions", in *Handbook of transportation science* (ed. by Hall R.), Kluwer, Boston, pp. 5-34.

BEN-AKIVA M., LERMAN S. R. (1985) : *Discrete choice analysis : theory and application to travel demand*, MIT Press, Cambridge.

BERQUE A. (1995a) : *Les raisons du paysage : de la Chine antique aux environnements de synthèse*, Hazan, Paris.

BERQUE A. (1995b) : "Espace, milieu, paysage, environnement", in *Encyclopédie de géographie* (dir. par Bailly A., Ferras R., Pumain D.), Economica, Paris, pp. 349-367.

BERQUE A. (1990) : *Médiance, de milieux en paysages*, Belin, Paris.

BERTHOZ A., AMORIM M. A., GLASAUER S., GRASSO R., TAKEI Y., VIAUD-DELMON I. (1999) : "Dissociation between distance and direction during locomotor navigation", in *Wayfinding behaviour, Cognitive mapping and other spatial processes* (ed. by R. G. Golledge), John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 328-348.

BESSY-PIETRI P., JULIEN P., ROYER J. F. (2000) : "De nouveaux périmètres urbains pour la France de l'an 2000", in *Données urbaines 3* (coor. par Mattei M. F. et Pumain D.), Economica, Paris, pp. 9-17.

BIEBER A., MASSOT M. H., ORFEUIL J. P. (1993a) : "Prospective de la mobilité quotidienne" in *Circuler demain* (dirigé par Bonnafous A., Plassard F., Vulin B.), Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues, pp. 157-184.

BIEBER A., MASSOT M. H., ORFEUIL J. P. (1993b) : *Questions vives pour une prospective de la mobilité quotidienne*, Rapport INRETS, n° 19.

BIERLAIRE M. (2001) : "A general formulation of the cross-nested logit model", in *Proceedings of the 1st Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland.

BLANC N., GLATRON S. (2005) : "Du paysage urbain dans les politiques nationales d'urbanisme et d'environnement", *L'Espace Géographique*, n° 1, pp. 75-90.

BLAYAC T. (2003) : "Value of travel time : a theoretical legitimization of some Box-Cox transformations in discrete choice models", in *20èmes Journées de Microéconomie Appliquée*, Montpellier.

BLAYAC T., CAUSSE A. (2001) : "Value of travel time : a theoretical legitimization of some non-linear representative utility in discrete choice models", *Transportation research Part B*, vol. 35, pp. 391-400.

BONNAFOUS A. (1993) : "Circuler en 2000-2010", in *Circuler demain* (dir. par Bonnafous A., Plassard F., Vulin B.), Ed.de l'Aube, la Tour d'Aigues, pp. 9-27.

BONNAFOUS A. (1989) : *Le siècle des ténèbres de l'économie*, Economica, Paris.

BORDREUIL J. S. (2000) : "La ville desserrée", in *La ville et l'urbain, l'état des savoirs* (sous la direction de Paquot T., Lussault M. et Body-Gendrot S.), Ed. La découverte, Paris, pp. 169-182.

BORRAZ O. (1998) : *Gouverner une ville : Besançon 1959-1989*, Presses universitaires de Rennes, Rennes.

BOTTAI M., SALVATI N., ORSINI N. (2006) : "Multilevel model for analizing people's daily movement behavior", *Journal of geographical system*, vol. 8, pp. 97-108.

BOURDIN A. (2004) : "L'individualisme à l'heure de la mobilité généralisée" in *Les sens du mouvement* (sous la direction de Allemand S., Ascher F. et Lévy J.), Belin, Paris, pp. 91-98.

BROSSARD T., WIEBER J. C. (1984) : "Le paysage, trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie", *L'Espace géographique*, n° 1, pp. 5-12.

BROSSARD T., WIEBER J. C. (1980) : "Essai de formulation systématique d'un mode d'approche du paysage", *Bulletin de géographie française*, n° 468, pp. 103-111.

BRUNER J. S. (1991) : *Car la culture donne forme à l'esprit : de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*, Eshel, Paris.

BRUNET R. (1993) : *La carte, mode d'emploi*, Fayard-Reclus, Paris.

BRUNET R., FERRAS R., THERY H. (1993) : *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*, La Documentation française, Paris.

BURTON E. (2000) : "The compact city: just or just compact? A preliminary analysis", *Urban studies*, vol. 37, n° 11, pp. 1969-2001.

CARON C., ROCHE S. (2001) : "Vers une typologie des représentations spatiales", *L'Espace géographique*, n° 1, pp. 1-12.

CARRE J. R. (2000) : "Tendances de l'urbanisation et déplacements non motorisés", in *Actes du séminaire Prospective de la mobilité dans les métropoles*, INRETS, pp. 221-223.

CARRE J. R., JULIEN A. (2000) : *Présentation d'une méthode d'analyse des séquences piétonnières au cours des déplacements quotidiens des citadins et mesure de l'exposition au risque des piéto*ns, Rapport Inrets n° 221, Arcueil.

CASCETTA E., RUSSO F., VIOLA F.A., VITETTA A. (2002) : "A model of route perception in urban road networks", *Transportation Research – B*, vol. 36, n°7, pp. 577-592.

CAUVIN C. (1999) : "Propositions pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine", *Cybergéo*, n° 72.

CAUVIN C. , CHERNAI Z., DANIILIDIS K. (1998) : "Usagers et représentations cognitives de la ville. Exemples à Strasbourg" in *L'espace géographique des villes, pour une synergie multistrates* (coor. par Reymond H., Cauvin C. et Kleinschmager R.), Anthropos, Paris, pp 300-346.

CEMT (Conférence européenne des ministres des transports) (1994) : "Les déplacements de personnes à courtes distances", in *Rapport de la quatre-vingt-seizième table ronde d'économie des transports*, Cemt, Paris.

CERTU (2004) : *Les chiffres clés des enquêtes ménages déplacements, méthode standard Certu*, Certu Lyon, (CD-ROM).

CERTU (2003) : *Modélisation des déplacements urbains de voyageurs*, Guide des pratiques.

CERTU (1998) : *Comportements de déplacement en milieu urbain : les modèles de choix discrets. Vers une approche désagrégée et multimodale*, Dossiers du Certu.

CERTU (1996) : *Plans de déplacements urbains*, Certu, Lyon.

CERVERO R., KOCKELMAN K. (1997) : "Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design", *Transportation Research Part D*, vol. 3, pp. 199-219.

CERVERO R., RADISCH C. (1996) : "Travel choices in pedestrian versus automobile oriented neighbourhoods", *Transport Policy*, vol. 3, pp. 127-141.

CHALAS Y. (2000) : *L'invention de la ville*, Economica, Paris.

CHALAS Y. (1997) : "Les figures de la ville émergente", in *La ville émergente* (sous la direction de G. Dubois-Taine et Y. Chalas), Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues, pp. 239-270.

CLAVAL P. (1981) : *La logique des villes : essai d'urbanologie*, Litec, Paris

CLIFTON K., HANDY S. (2001) : "Qualitative methods in travel behaviour research", in *Transport survey quality and innovation* (ed. By Stopher P. and Jones P.), Elsevier Science, Oxford, pp. 283-302.

COLLOT M. (1986) : "Points de vue sur la perception des paysages", *L'Espace géographique*, n° 3, pp. 211-217.

Commission of the European Communities (1990) : *Green Paper on the Urban Environment, Communication from the Commission to the Council and Parliament*, Commission of the European Communities, Bruxelles.

Conseil de l'Europe (2000) : *Convention européenne du paysage*, consultable sur le site suivant : http://www.coe.int/t/f/coop%E9ration_culturelle/environnement/paysage/pr%E9sentation/9_texte/03_Convention_FR.asp#TopOfPage

COSTERMANS J. (2001) : *Les activités cognitives. Raisonnement, décision et résolution de problèmes*, Ed. De Boeck Université, Bruxelles.

CUPERS K., MIESSEN M. (2002) : *Spaces of uncertainty*, Ed. Verlag Müller and Busmann, Wuppertal.

CUTINI V. (1999) : "Spazio urbano e movimento pedonale. Uno studio sull'ipotesi configurazionale", *Cybergéo*, n° 111.

DAUGE J. (2004) : L*es métiers de l'architecture*, Rapport d'information pour la commission des affaires culturelles, Paris.

DEBREU G. (1960) : "Individual choice behaviour: a theoretical analysis", *American Economic Review*, vol. 1, pp. 186-188.

DELORME A. (1982) : *Psychologie de la perception*, Ed. Etudes vivantes, Paris.

DENAIN J. C., LANGLOIS P. (1998) : "Cartographie en anamorphose", *Mappemonde*, vol. 49, n°1, pp. 16-19.

DENEF J. (2005) : "Le paysage, outil de médiation du projet territorial. Comment les jardins prennent leur place dans le renouvellement urbain", in A*ctes du colloque Territoires, bien-être et inclusion sociale*, pp. 65-70.

DESYLLAS J., DUXBURY E. (2001) : "Axial maps and visibility analysis", in *Proceedings of the 3rd International Space Syntax Symposium*, Atlanta.

DIAL R. B. (1971) : "Probabilistic assignment : a multipath traffic assignment model which obviates path enumeration", *Transportation Research*, vol. 5, pp. 83-111.

DIJKSTRA E. W. (1959) : "A Note on Two Problems in Connection with Graphs", *Numeriche Mathematik*, n° 1, pp. 269-271.

DIJST M., VIDAKOVIC V. (2000) : "Travel time ration :the key factor of spatial reach", *Transportation*, vol. 27, pp. 179-199.

DI MEO G. (2000) : "Que voulons-nous dire quand nous parlons d'espace ?", in *Logiques de l'espace, esprit des lieux* (dir. par Lévy J., Lussault M.), Belin, Paris, pp. 37-48.

DI MEO G., PRADET J. (1996) : "Territoire vécu et contradictions sociales : le cas de la vallée d'Aspe (Pyrénées occidentales)", in *Les territoires du quotidien* (éd. par Di Méo G.), l'Harmattan, Paris, pp.51-86.

DONADIEU P. (1994) : "Pour une conservation inventive des paysages", in *Cinq propositions pour une théorie du paysage* (dir. par Berque A.), Champ Vallon, Seyssel, pp. 53-80.

DUBOIS-TAINE G. (1997) : "Introduction", in *La ville émergente* (dir. par Dubois-Taine G. et Chalas Y.), Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues, pp. 11-40.

DUBOIS-TAINE G., PELLECUER C. (1996) : "La programmation urbaine", in *L'aménageur urbain face à la crise de la ville* (Club des maîtres d'ouvrage d'opérations complexes), Ed. de l'Aube, La tour d'Aigues, pp. 121-137.

DUHAYON J. J., CAPLAIN P. (1997) : "Transformations urbaines. Points de vue de directions départementales de l'équipement", in *Qui fait la ville aujourd'hui ? Intervention de la puissance publique dans les processus de production urbaine* (Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et du tourisme), La Documentation française, Paris, pp. 221-224.

DUMOLARD P., DUBUS., CHARLEUX L. (2003) : *Les statistiques en géographie*, Ed. Belin, Paris.

DUPONT A. (1994) : *Les entrées de villes ou redonner le goût de l'urbanisme*, Rapport pour les ministères de l'Environnement et de l'Equipement, des Transports, du Logement et du Tourisme, Paris.

DUPUY G. (1999) : *La dépendance automobile*, Ed. Economica, Paris.

DUPUY G. (1998) : "Réseaux, espaces et proximités", in *La ville ou la proximité organisée* (dir. par Huriot J. M.), Economica, Paris, pp. 31-45.

DUPUY G. (1995) : *Les territoires de l'automobile*, Economica, Paris.

DUPUY G. (1991) : *L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes*, Armand Colin, Paris.

DURAND-DASTES F. (2001) : "Les concepts de la modélisation en analyse spatiale", in *Modèles en analyse spatiale* (dir. par Sanders L.), Lavoisier, Paris, pp. 31-59.

ECREMENT B. (2002) : *Urbanisme, habitat, déplacement : l'expérience de la France (1950-2000)*, Dossier réalisé pour le centre de documentation de l'urbanisme, Paris.

EUBANK S. G. (2001) : "Transportation networks : dynamics and simulation", in Proceedings *of the 6th Experimental Chaos Conference*, Pottsdam.

FERRAS R. (1990) : *Ville : paraître, être à part*, Reclus, Montpellier.

FIELDING A. H., BELL J. F. (1997) : "A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence / absence models", *Environmental Conservation*, vol. 24, n°1, pp. 38-49.

FINKE G. (2002) : *Recherche opérationnelle et réseaux, méthodes d'analyse spatiale*, Hermès science publications, Lavoisier, Paris.

FISHER-GEWIRTZMAN D., SHACH PINSLY D., WAGNER I., BURT M. (2005) : "View-oriented three-dimensional visual analysis models for the urban environment", *Urban design*, vol. 10, pp. 23-37.

FLITTI M., PIOMBINI A. (2003) : "Morphologie urbaine et mobilité pédestre. Identification des configurations spatiales déterminant les caractères locaux des déplacements piétonniers", in A*ctes du colloque Théoquant 2003*.

FOLTÊTE J. C. (2004) : "Mesure de la connectivité du paysage à travers un maillage spatial", *Revue internationale de Géomatique*, vol. 14, n°1, pp. 59-82.

FOLTETE J. C., GENRE-GRANDPIERRE C., HOUOT H., FLITTI M. (2002) : *Structures urbaines, offres de transport et comportement de mobilité*, Rapport de recherche ACI Ville, Ministère de l'Enseignement de la Recherche et de la Technologie.

FOUCHIER V. (1997) : "La planification urbaine peut-elle conduire à une mobilité durable ?", in *Actes du colloque Transport et développement durable*.

FRANK L. D., PIVO G. (1994) : "Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel : single occupant vehicle, transit, and walking", *Transportation research record*, vol. 1466, pp. 44-52.

FRANKHAUSER P., MOINE A., BRUCH H., TANNIER C., JOSSELIN D. (1998) : "Simulating settlement pattern dynamics by modelling subjective attractivity evaluation of agents", in *37th meeting on Western Regional Science Association*, Monterey, California.

FREBAULT J. (2002) : Préface de *Ville et automobile* (Wiel M.), Ed. Descartes et Cie, Paris, pp. 7-13.

FREMONT A. (1976) : *La région, espace vécu*, PUF, Paris.

GALLEZ C., ORFEUIL J. P. (1998) : "Dis-moi où tu habites et je te dirai comment tu te déplaces", in *Données urbaines 2* (coor. par Pumain D. et Mattei M. F.), Economica, Paris, pp. 157-164.

GASCHET F. (2000) : "La structure d'un espace urbain polycentrique : la métropole bordelaise", in *Structure des villes, entreprises et marchés urbains* (ed. par Derycke P. H.), L'Harmattan, Paris, pp. 95-126.

GENEAU DE LAMARLIERE I., STASZAK J. F. (2000) : *Principes de géographie économique*, Bréal, Rosny.

GEFFRIN Y. (1995) : "Mobilité, diversité, inégalité", in *Actes du colloque Se déplacer au quotidien dans trente ans : éléments pour un débat* (ADEME, DRAST, INRETS), La Documentation française, Paris, pp. 35-40.

GENDROT C. (2002) : "L'investigation du territoire par l'image : apport de la notion de « série » dans l'exploitation de fonds photographiques", *L'Espace Géographique*, n° 4, pp. 357-368.

GENRE-GRANDPIERRE C. (2000) : *Forme et fonctionnement des réseaux de transport : approche fractale et réflexions sur l'aménagement des ville*s, Thèse de Doctorat de géographie, Université de Franche-Comté.

GENRE-GRANDPIERRE C., FOLTETE J.C. (2003) : "Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied", *Cybergéo*, n° 248.

GESMAD (2000) : *Evaluation des modèles de prévision de trafic,* Predit 1996-2000, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, Paris.

GIBSON J. (1979) : *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston.

GILBERT M., FAURE A. (2002) : *La recherche et la formation dans le domaine des déplacements non motorisés*, Predit 1996-2000, DRAST, Ministère des transports.

GIL-MOLTO M. J., HOLE A. R. (2004) : "Tests for the consistency of three-level nested logit models with utility maximization", *Economics Letters*, vol. 85, Issue 3, pp. 133-137.

GLEYZE J. F. (2001) : "Les dommages induits par les coupures du réseau routier. Eléments de recherche pour l'évaluation de la fiabilité d'un réseau routier", in *Géographie des risques des transports .Actes du colloque de* Besançon (dirigé par Banos A., Banos F., Brossard T., Lassarre T.), Paradigme, Orléans, pp. 17-41.

GLOOR C., CAVENS D., LANGE E., NAGEL K., SCHMID W. (2003) : "A pedestrian simulation for very large scale applications", *Multi-Agenten-Systeme in der Geographie* (Klagenfurter Geographische Schriften), vol. 23, pp. 167-188.

GODARD F. (2001) : *La ville en mouvement*, Gallimard, Paris.

GOFFMAN E. (1973) : *La mise en scène de la vie quotidienne*, Les Editions de Minuit, Paris.

GOLLEDGE R. (1999) : "Human wayfinding and cognitive maps", in *Wayfinding behaviour, Cognitive mapping and other spatial processes* (ed. by Golledge R. G.), John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 5-45.

GORDON P., RICHARDSON A. (1989) : "Gasoline consumption and cities: a reply", *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, issue 3, pp. 342-346.

GRISELIN M., NAGELEISEN S. (2003) : "Quantifier le paysage au long d'un itinéraire à partir d'un échantillonnage photographique au sol", *Cybergéo, n° 253.*

GRORET O., COHEN M. C., RAJCHMAN M. (2001) : *Les déplacements des franciliens en 1997-1998 : enquête globale de transport,* Direction Régionale de l'Equipement d'Ile-de-France.

GUERIN-PACE F. (2003) : "Vers une typologie des territoires urbains de proximité", *L'Espace géographique*, n° 4, pp. 333-344.

GUMUCHIAN H. (1991) : *L'expert, l'usager, l'acteur et la planification des déplacements*, Economica, Paris.

HAGERSTRAND T. (1985) : "Time-geography : focus on the corporeality of man, society, and environment", in *The Science and Praxis of Complexity* (ed. by Aida S.), United Nations University, Tokyo, pp. 193-216.

HAGGETT P. (1973) : *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Ed. A. Colin, Paris.

HAGGETT P., CHORLEY R. J. (1969) : *Network analysis in geography*, Ed. Edward Arnold, Londres.

HAKLAY M., O'SULLIVAN D., THURSTAIN-GOODWIN M., SCHELHORN T. (2001) : "So go downtown : simulating pedestrian movement in town centres", *Environment and plan*ning B : Planning and design, vol. 28, pp. 343-359.

HALL P. (1997) : "The future of the metropolis and its form", *Regional studies*, vol. 31, n° 3, pp. 221-220.

HALLEUX J. M. (2004) : "Les forces centrifuges de la mobilité facilitée, le système des quotidiennetés urbaines et la recomposition des espaces urbains" in *Mobilités, fluidités… libertés ?* (sous la direction de Montulet B., Kaufmann V.), Publications des Facultés universitaires Saint-Louis, Bruxelles, pp. 201-216.

HALLEUX J. M. (2001) : "Evolutions des organisations urbaines et mobilités quotidiennes : espace de référence et analyse des processus", *L'Espace géographique*, n° 1, pp. 67-80.

HANDY S. (1996) : "Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior", *Transport research – D*, vol. 1, n°2, pp. 151-165.

HANDY S. (1996b) : "Urban form and pedestrian choices : study of Austin neighborhoods", *Transportation research record*, vol. 1552, pp. 135-144.

HANDY S., CAO X., MOKHTARIAN P. (2005) : "Correlation or causality between the built environment and travel behaviour ? Evidence from Northern California", *Transportation research. Part D*, vol. 10, pp. 427-444.

HEATHINGTON K., WORALL R., HOFF G. (1971) : "Attitudes and behavior of drivers regarding route diversion", *Highway Research Record,* vol. 363, pp. 18-26.

HENN V. (2001) : *Information routière et affectation du trafic : vers une modélisation floue*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Saint-Etienne.

HERAN F. (2002) : *Indicateurs pour des aménagements favorables aux piétons et aux cyclistes*, Rapport ADEME-IFRESI-CNRS.

HERAN F. (2000) : *Transports en milieu urbain : les effets externes négligés. Monétarisation des effets de coupure, des effets sur l'affectation des espaces publics et des effets sur les paysages*, Predit 1996-2000, La documentation française, Paris.

HERNERT P. (1995) : *Les algorithmes*, PUF, Paris.

HILL M. R. (1983) : *Spatial structure and decision-making aspects of pedestrian route selection through an urban environment*, Ph.D. Thesis, University of Nebraska-Lincoln.

HILLIER B. (1996) : *Space is the machine : a configurational theory of architecture*, Cambridge University Press, Cambridge.

HILLIER B. (1987) : "La morphologie de l'espace urbain : l'évolution de l'approche syntaxique", *Architecture et Comportement*, vol. 3, n° 3, pp. 205-216.

HILLIER B., CHIARADIA A. (2003) : "Configuration spatiale et mixité sociale urbaine", in *Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales*, in *XXXIXème colloque de l'ASRDLF*.

HILLIER B., HANSON J. (1984) : *The social logic of space*, Cambridge University Press, Cambridge.

HILLIGES M., REINER R., WEIDLICH W. (1993) : "A simulation model of dynamic traffic flow in networks", in *Proceedings of the European Simulation Multiconference*, Lyon.

HINE J. (1996) : "Pedestrian travel experiences. Assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique", *Journal of Transport Geography*, vol. 4, n° 3, pp. 179-199.

HUET M. (1998) : *Le droit de l'urbain, de l'urbanisme à l'urbanité*, Economica, Paris.

HUETZ DE LEMPS X. (1999) : "Les singularités paysagères de l'urbain", *Les Cahiers de la Méditerranée*, dossier « paysages urbains », tome 1, n° 59, pp. 1-11.

HURIOT J. M. (1998) : "Avant-propos", in *La ville ou la proximité organisée* (dir. par Huriot J. M.), Economica, Paris, pp. 1-5.

HURIOT J. M., PERREUR J. (1990) : "Distances, espaces et représentations, une revue", *Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 2, pp. 197-237.

JAYET H. (1993) : *Une analyse spatiale quantitative, une introduction*, Economica, Paris.

JIANG B. (1999) : "SimPed : simulating pedestrian flows in a virtual urban environment", *Journal of geographic information and decision analysis*, vol. 3, n° 1, pp. 21-30.

JIANG B., CLARAMUNT C. (2000) : "Extending space syntax towards an alternative model of space within GIS", in *3rd European Agile Conference on Geographic Information Science*, Helsinki, Finland.

JODELET D. (1989) : "Représentations sociales : un domaine en expansion", in *Les représentations sociales* (dir. Jodelet D.), PUF, Paris.

JOERIN F., THERIAULT M., VILLENEUVE P., BEGIN F. (2001) : "Une procédure multicritère pour évaluer l'accessibilité aux lieux d'activité", *Revue internationale de géomatique*, vol. 11, n° 1, pp. 69-104.

JULIEN A., CARRE J. (2003) : "La marche dans les déplacements quotidiens des citadins" in *Données urbaines 4* (coor. par Pumain D., Mattei M.F.), Anthropos, Paris, pp. 87-95.

KAHNEMAN D., TVERSKY A. (2000) : *Choices, values and frames*, Cambridge University Press, Cambridge.

KANSKY K. J. (1963) : *Structure of transportation networks*, Department of geography, Chicago.

KAPLAN S. (1988) : "Where cognition and affect meet : a theoretical analysis of preference", in *Aesthetics : theory, research and applications* (ed. by Nasar), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 108-120.

KAUFMANN V. (2005), " La ville-potentiel ", in *Méandres, Penser le paysage urbain* (dir. par Versteegh P), Presses polytechniques et universitaires romandes, Genève, pp. 49-65.

KAUFMANN V. (2004a) : "Indispensable et indésirable : les paradoxes de l'automobile en ville", in *Les sens du mouvement* (sous la direction de Allemand S., Ascher F. et Lévy J.), Belin, Paris, pp. 239-248.

KAUFMANN V. (2004b) : "La mobilité comme capital ?", in *Mobilités, fluidités… libertés ?* (dir. par Montulet B., Kaufmann V.), Publications des Facultés universitaires Saint-Louis, Bruxelles, pp. 25-41.

KAUFMANN V. (2003) : "Pratiques modales des déplacements de personnes en milieu urbain : des rationalités d'usage à la cohérence de l'action publique", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, vol. 1, pp. 39-58.

KAUFMANN V. (2000) : *Mobilités quotidiennes et dynamiques urbaines*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

KERRIDGE J., HINE J., WIGAN M. (2001) : "Agent-based modelling of pedestrian movements : the questions that need to be asked and answered", *Environment and planning B : Planning and design*, vol. 28, pp. 327-341.

KIVETZ R., NETZER O., SRINIVASAN V. (2004) : "Alternative models for capturing the compromise effects", *Journal of marketing research*, vol. 41., pp. 237-257.

KOCKELMAN K. M. (1996) : *Travel Behavior as a function of Accessibility, Land Use Mixing and Land Use Balance: Evidence from the San Francisco Bay Area*, Master's thesis, University of California at Berkeley.

KOPPELMAN F., SETHI V. (2000) : "Closed-form discrete-choice models", in *Handbook of Transport Modelling* (dir. Hensher D. A., Button K. J.), Ed. Pergamon, Amsterdam, pp. 211-227.

KURAUCHI S. (2000) : "An exploratory analysis for discrete choice model with latent classes considering heterogeneity of decision making rules", in *Travel behaviour research, the leading edge* (dir. D. A. Hensher), Pergamon, pp. 409-423.

KWAN M. P. (2000) : "Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems : a methodological exploration with a large data set", *Transportation Research Part C*, vol. 8, pp. 185-203.

LAINE F. (2000) : "Péri-urbanisation des activités économiques et mouvements d'emploi des établissements", in *Données urbaines 3* (coor. par Mattei M. F. et Pumain D.), Anthropos, Paris, pp. 251-260.

LASSARRE S. (2000) : "L'analyse écologique du risque routier et les échelles spatiales", in *Journées data mining spatial et analyse du risque*, Versailles, pp. 95-108.

LATERRASSE J. (1996) : "La gestion urbaine : de nouveaux défis pour les aménageurs ?", in *L'aménageur urbain face à la crise de la ville* (Club des maîtres d'ouvrage d'opérations complexes), Ed. de l'Aube, La tour d'Aigues, pp. 159-171.

LAUER A. (1995) : "Organisation de l'espace urbain : un scénario et des alternatives", in *Actes du colloque Se déplacer au quotidien dans trente ans : éléments pour un débat* (ADEME, DRAST, INRETS), La Documentation française, Paris, pp. 77-83.

LEBART L., MORINEAU A., PIRON M. (2004) : *Statistique exploratoire et multidimensi*onnelle, Dunod, Paris.

LE CORBUSIER (1968) : *La charte d'Athènes*, Les Editions de Minuit, Paris.

LEVY J. (2005) : "Modèle de mobilité, modèle d'urbanité", in *Les sens du mouvement* (dir. par Allemand S., Ascher F. et Lévy J.), Belin, Paris, pp. 157-169.

LEVY I., SANTI G. et THOMAS O. (1998) : "La notion de proximités urbaines : quels apports ?", in *La ville ou la proximité organisée* (dir. par Huriot J. M.), Economica, Paris, pp. 199-209.

LITMAN T., BLAIR R., DEMOPOULOS B., EDDY N., FRITZEL A., LAIDLAW D., MADDOX H., FORSTER K. (2003) : *Pedestrian and bicycle planning. A guide to best practices*, Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Canada.

LOISEAU J. M., TERRASSON F., TROCHEL Y. (1993) : *Le paysage urbain*, Ed. Sang de la terre, Paris.

LOITERON D., BISHOP I. (2005) : "Simulating visitor movement: autonomous agents in urban public garden", in *CUPUM '05*.

LUGINBUHL Y. (2001) : "La demande sociale du paysage", in *Convention européenne du paysage*, Séance inaugurale du 28 mai 2001, pp. 8-30.

LUSSAULT M. (2005) : "La mobilité comme événement", in *Les sens du mouvement* (dir. par Allemand S., Ascher F. et Lévy J.), Belin, Paris, pp. 109-116.

LYNCH K. (1969) : *L'image de la cité*, Dunod, Paris.

MACKETT R. (2003) : "Why do people use their cars for short trips?", *Transportation*, Vol. 30, pp. 329-349.

MANGIN D. (2004) : *La ville franchisée*, Ed. de la Villette, Paris.

MANGIN D., PANERAI P. (1999) : *Projet urbain*, Parenthèses, Marseille.

MANSKY C. (1977), "The structure of Random Utility Models", in *Theory and Decision*, vol. 8, pp. 229-254.

MARINE C., ESCRIBE C. (1998) : *Histoire de la psychologie générale, du behaviorisme au cognitivisme*, In Presse éditions, Paris.

MASSON S. (1998) : "Interactions entre systèmes de transport et système de localisation : de l'héritage des modèles traditionnels à l'apport des modèles interactifs de transport et d'occupation des sols", *Les cahiers scientifiques du transport*, n° 33, pp. 79-108.

MASSOT M. H., ORFEUIL J. P. (2000) : "Stratégies urbaines et régulations de la mobilité quotidienne des villes européennes", in A*ctes du colloque Les enjeux du transport public dans les villes européennes* (dir. par Bailly J. P. et Stathopoulos N.), Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, pp. 281-295.

MATEO-BABIANO I. (2003) : *Pedestrian space management as a strategy in achieving sustainable mobility*, PhD summer, University of St. Gallen.

MATHIS P. (2003) : "Puissance et insuffisances des graphes pour la description et la modélisation des réseaux", in *Graphes et réseaux, modélisation multiniveau* (dir. par Mathis P.), Hermès science, Paris, pp. 19-47.

MBURU F. (2000) : "The effect of building heights and street sizes on shopping pedestrians", in *Graduate research series*, University of Auckland.

McFADDEN D. (2000) : "Disaggregate behavioural travel demand's RUM side: a 30-year retrospective", in *Travel behaviour research, the leading edge* (dir. Hensher D. A.), Pergamon, Amsterdam, pp. 17-63.

McFADDEN D. (1996) : "Rationality for economists ?", *Journal of Risk and Uncertainty*, pp. 73-105.

McFADDEN D. (1984) : "Econometric analysis of qualitative response models", in *Handbook of econometrics*, Vol. 2, (dir Griliches Z., Intriligaror M.D.), Ed. North-Holland, Amsterdam, pp. 1395-1457.

MERENNE-SCHOUMAKER B. (1996) : *La localisation des services*, Nathan, Paris.

MERLEAU-PONTY M. (1942) : *La structure du comportement*, PUF, Paris.

MERLIN P. (1998) : "La mobilité urbaine : données et analyses", in *Données urbaines 2* (coor. par D. Pumain et M. F. Mattei), Economica, Paris, pp. 139-146.

MERLIN P., CHOAY F. (2000) : *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, PUF, Paris.

MIGNOT C. (2001) : *Mobilité urbaine et déplacements non motorisés*, Predit 1996-2000, La documentation française, Paris.

MILLER H. J. (2003) : "A measurement theory for time geography", *Geographical analysis*, vol. 37, pp. 17-45.

MOESSINGER P. (1996) : *Irrationalité individuelle et ordre social*, Librairie Droz, Genève, 241 p.

MOLES A., ROHMER E. (1982) : *Labyrinthes du vécu : l'espace, matière d'actions*, Ed. Librairie des méridiens, Paris.

NADERI J. R., RAMAN B. (2005) : "Capturing impressions of pedestrian landscapes used for healing purposes with decision tree learning", *Landscape and Urban Planning*, vol. 73, pp. 155-166.

NEWMAN P., KENWOTHY J. (1996) : "The land use transport connection. An overview", *Land use policy*, vol. 13, issue 1, pp. 1-22.

NEWMAN P., KENWORTHY J. (1989) : "Gasoline consumption and cities: a comparison of US cities with a global survey", *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, pp. 24-37.

NGUYEN S., PALLOTTINO S. et GENDREAU M. (1998) : "Implicit enumeration of hyperpaths in a logit model for transit networks", *Transportation Science*, vol. 32, issue 1, pp. 54-64.

NICOLAS J. P., POCHET P., POIMBOEUF H. (2002) : "Mobilité urbaine et développement durable : quels outils de mesure pour quels enjeux ?", *Les cahiers scientifiques du transport*, n° 41, pp. 53-76.

NIEL X. (1998) : "Pourquoi se passer de sa voiture ?", *INSEE Première*, n° 607.

NOËL N., VILLENEUVE P.Y., LEE-GOSSELIN M. (2001) : "Aménagement du territoire et espaces d'action, Identification des déterminants des stratégies de déplacements des cyclistes de la région de Québec à l'aide d'un SIG", *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 11, n°3-4, pp. 73-96.

NORBERG-SCHULZ C. (1997) : *L'art du lieu : architecture et paysage, permanence et mutations*, Éd. Le Moniteur, Paris.

NORYNBERG P. (2001) : *Faire la ville autrement. La démocratie et la parole des habitants*, Ed. Yves Michel, Barret-sur-Méouge.

OFFNER J. M. (2003) : *L'élaboration des plans de déplacements urbains de la loi sur l'air de 1996 : le nécessaire renouveau des politiques locales de transport*, Synthèse de recherche, groupe Recherches stratégiques.

OFFNER J. M. (2000) : "Pour une géographie des interdépendances", in *Logiques de l'espace, esprit des lieux* (dir. par Lévy J., Lussault M.), Belin, Paris, pp. 217-239.

OPPEWAL H., TIMMERMANS H. (1991) : "Context effects and decompositionnal choice modelling", *Papers in Regional Science*, vol. 70, issue 2, pp. 113-131.

ORAIN H. (1997) : "Du côté des trajets. Types de mobilités quotidiennes", in *Les sentiers du quotidien. Rigidité, fluidité des espaces sociaux et trajets routiniers en ville* (dir. par Juan S., Largo-Poirier A., Orain H., Poltorak J. F.), l'Harmattan, Paris, pp. 97-119.

ORFEUIL J. P. (2002) : "Etat des lieux des recherches sur la mobilité quotidienne en France", in *L'accès à la ville, les mobilités spatiales en question* (dir. par Lévy J. P. et Dureau F.), l'Harmattan, Paris, pp. 65-98.

ORFEUIL J. P. (2000) : *Stratégies de localisation. Ménages et services dans l'espace urbain*, Predit 1996-2000, La Documentation française, Paris.

ORFEUIL J. P. (1995) : "Trois futurs pour la mobilité et pour la ville", in *Actes du colloque Se déplacer au quotidien dans trente ans : éléments pour un débat* (ADEME, DRAST, INRETS), La Documentation française, Paris, pp. 41-50.

ORFEUIL J. P. (1994) : *Je suis l'automobile*, Ed. de l'Aube, La tour d'Aigues.

OVSTEDAL L., OLAUSSEN E. (2004) : *PROMPT. New means to promote pedestrian traffic in cities. Pedestrian comfort synthesis report*, PROMPT National reports Norway, Trondheim.

OVSTEDAL L., RYENG E., STENE T. (2002) : *PROMPT. New means to promote pedestrian traffic in cities. Safety and accessibility*, PROMPT National reports Norway, Trondheim.

PAILHOUS J. (1970) : *La représentation de l'espace urbain, l'exemple du chauffeur de taxi*, PUF, Paris.

PALMA (de) A., THISSE J. F. (1987) : "Les modèles de choix discret", *Annales d'économie et de statistiques*, vol. 9, pp. 151-190.

PANERAI P., CASTEX J., DEPAULE J. C. (1997) : *Formes urbaines : de l'îlot à la barre*, Parenthèses, Marseille.

PAPON F. (2003) : "La ville à pied et à vélo", in *Données urbaines 4* (coor. par Pumain D. et Mattei M. F.), Anthropos, Paris, pp. 75-85.

Parsons Brinkerhoff Quade and Douglas, Inc. (1993) : *Volume 4A: The Pedestrian Environment*, LUTRAQ Project, 1000 Friends of Oregon, Portland.

PAULET J. P. (2002) : *Les représentations mentales en géographie*, Anthropos, Paris.

PAULET J. P. (2000) : *Géographie urbaine*, A. Colin, Paris.

PENEAU J. P. (2000) : "Les ambiances urbaines", in *Données urbaines 3* (coor. par Mattei M. F. et Pumain D.), Anthropos, Paris, pp. 375-386.

PETIT J. (2003) : "Cinq logiques de mobilité et leurs conséquences sur la planification des déplacements urbains", *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 43, pp. 35-58.

PETIT J. (2002) : *L'expert, l'usager, l'acteur et la planification des déplacements. La mobilité à l'intersection de l'expertise scientifique, de l'expérience des usagers et des stratégies territoriales des acteurs de l'aménagement : étude sur la vallée de Chamonix*, Thèse de Doctorat de géographie, Université Joseph Fourier.

PICON-LEFEBVRE V. (1997) : *Les espaces publics modernes : situations et propositions*, Ed. Le Moniteur, Paris.

PIOMBINI A., FOLTETE J. C. (2006) : "Evaluer les choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain", *Revue Internationale de Géomatique*, sous presse.

POERBO H. W. (2001) : *Urban design guidelines as design control instrument*, PhD Thesis, University of Kaiserslautern.

POUYANNE G. (2004) : *Forme urbaine et mobilité quotidienne*, Thèse de Doctorat de sciences économiques, Université de Bordeaux IV.

PUMAIN D., SAINT JULIEN T. (2001) : *Les interactions spatiales*, A. Colin, Paris.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T. (1997) : *L'analyse spatiale, localisations dans l'espace*, A. Colin, Paris.

PURCELL A. T., LAMB R. J. (1998) : "Preference and naturalness: an ecological approach", *Landscape and Urban Planning*, vol. 42, pp. 57-66.

QUINET E. (1998) : *Principes d'économie des Transports*, Economica, Paris.

RAMMING M. (2001) : *Network Knowledge and Route Choice*, PhD thesis, Massachussets Institute of Technology.

REMY J. (2004) : "Culture de la mobilité et nouvelles formes de territorialité", in *Les territoires de la mobilité. L'aire du temps* (dir. par Vodoz L., Pfister Giauque B., Jemelin C.), Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp. 13-42.

REMY J. (2002) : "Ville visible, ville invisible : un réseau aréolaire", in *L'accès à la ville, les mobilités spatiales en question* (dir. par Lévy J. P. et Dureau F.), l'Harmattan, Paris, pp. 299-328.

REMY J. (1996) : "Mobilités et ancrages : vers une autre définition de la ville", in *Mobilités et ancrages, vers un nouveau mode de spatialisation* (dir. par Hirschhorn M., Berthelot J.-M.), L'Harmattan, Paris, pp. 135-153.

REYMOND H. (1998) : "L'écologie urbaine factorielle : ce qu'elle est, ce qu'elle n'est pas" in *L'espace géographique des villes, pour une synergie multistrates* (coordonné par Reymond H., Cauvin C. et Kleinschmager R), Anthropos, Paris, pp. 149 à 173.

REYMOND H., CAUVIN C., KLEINSCHMAGER R. (1998) : *L'espace géographique des villes : pour une synergie multistrates*, Anthropos, Paris.

RIESER J. (1999) : "Dynamic spatial orientation and the coupling of representation and action", in *Wayfinding behaviour, Cognitive mapping and other spatial processes* (ed. By R. G. Golledge), John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 168-190.

RIMBERT S. (1973) : *Les paysages urbains*, A. Colin, Paris.

RODRIGUEZ D. A., JOO J. (2004) : "The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment", *Transportation Research Part D*, Vol. 9, Issue 2, pp 151-173.

RØE P. G. (2000) : "Qualitative research on intra-urban travel: an alternative approach", *Journal of Transport Geography*, vol. 8, pp. 99-106.

ROGER A. (1997) : *Court traité du paysage*, Ed. Gallimard, Paris.

RONCAYOLO M. (1996) : *Les grammaires d'une ville : essai sur la genèse des structures urbaines à Marseille*, Ed. de l'École des hautes études en sciences sociales, Paris.

ROUGERIE G. (1975) : *Les cadres de vie*, PUF, Paris.

ROUGERIE G., BEROUTCHACHVILI N. (1991) : *Géosystèmes et paysages : bilan et méthodes*, A. Colin, Paris.

SAINT-JULIEN T. (2000) : "Quantitatif et qualitatif dans l'approche géographique : la modélisation en question", in *Logiques de l'espace, esprit des lieux* (dir. par Lévy J., Lussault M.), Belin, Paris, pp. 141-152.

SANSOT P. (1998) : *Du bon usage de la lenteur*, Ed. Payot et Rivages, Paris.

SARKAR S. (2003) : "Qualitative evaluation of comfort needs in urban walkways in major activity centers", *Transportation Quaterly*, vol. 57, n° 4, pp. 39-59.

SCHLICH R., AXHAUSEN K. W. (2003) : "Habitual travel behaviour: Evidence from a six-week travel diary", *Transportation*, vol. 30, pp. 13-36.

SEGAUD M. (1996) : "Entre publics et usagers, la concertation", in *L'aménageur urbain face à la crise de la ville* (Club des maîtres d'ouvrage d'opérations complexes), Ed. de l'Aube, La tour d'Aigues, pp. 173-190.

SERRHINI K. (2003) : "L'évaluation spatio-temporelle de la covisibilité d'un aménagement sur le paysage", in *Graphes et réseaux, modélisation multiniveau* (dir. par Mathis P.), Hermès science, Paris, pp. 231-260.

SHRIVER K. (1997) : "Influence of environmental design on pedestrian travel behaviour in four Austin neighborhoods", *Transportation Research Record*, vol. 1578, pp. 64-75.

SIMON H. A. (1976) : "From substantive to procedural rationality", in *Method and Appraisal in Economics* (ed. by Latsis S. J.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 129-148.

SORENSEN M. V. (2003) : *Discrete choice models, estimation of passenger traffic*, Ph.D. Thesis, Centre for Traffic and Transport, Technical University of Denmark.

SOZZI C. (1997) : "Transformations urbaines. Points de vue d'acteurs locaux", in *Qui fait la ville aujourd'hui ? Intervention de la puissance publique dans les processus de production urbaine* (Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et du tourisme), La Documentation française, Paris, pp. 225-228.

STERN E., PORTUGALI J. (1999) : "Environmental cognition and decision making in urban navigation", in *Wayfinding behaviour, Cognitive mapping and other spatial processes* (ed. By R. G. Golledge), John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 99-119.

THEVENIN T. (2002) : *Quand l'information géographique se met au service des transports publics urbains : une approche spatio-temporelle appliquée à l'agglomération bisontine*, Thèse de Doctorat de géographie, Université de Franche-Comté.

THOMAS R. (2004) : "Quand le pas fait corps et sens avec l'espace. Aspects sensibles et expressifs de la marche en ville", *Cybergéo*, n° 261.

TRANSITEC (2000) : *Plans des déplacements urbains : le projet 2000-2010*, ville de Besançon.

TRANSITEC (1999) : *Plans des déplacements urbains : diagnostics, contraintes et objectifs*, ville de Besançon.

TURCHIN P. (1998) : *Quantitative analysis of movement*, Sinauer, Sunderland.

TURNER A. (2001) : "Angular analysis", in *3rd International Space Syntax Symposium*, Atlanta.

TURNER A., PENN A. (2002) : "Encoding natural movement as an agent-based system : an investigation into human pedestrian behaviour in the built environment", *Environment and planning B*, vol. 29, pp. 473-490.

TVERSKY A., SIMONSON I. (1993) : "Context-dependent preferences", in *Management Science*, vol. 39, Issue 10, pp. 1179-1189.

VERSTEEGH P. (2005), "Complexes du paysage / urbain", in *Méandres, Penser le paysage urbain* (dir. par Versteegh P), Presses polytechniques et universitaires romandes, Genève, pp. 14-45.

VERNEZ-MOUDON A., HESS P., SNYDER M. C., STANILOV K. (1997) : *Effects of site design on pedestrian travel in mixed-use, medium-density environments*, Report for the Washington State Transportation Center, Federal Highway Administration.

VIARD J. (1994) : *La société d'archipel ou les territoires du village global*, éd. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

VIARD J. (1981) : *La dérive des territoires*, Actes Sud, La Paradou.

VON DER MUHLL D. (2004) : "Mobilité douce : nostalgie passéiste ou perspective d'avenir ?", in *Les territoires de la mobilité. L'aire du temps* (dir. Vodoz L., Pfister Giauque B., Jemelin C.), Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp. 209-224.

VOVSHA P., BEKHOR S. (1998) : "The link-nested logit model of route choice : overcoming the route overlapping problem", *Transportation research record*, vol. 1645, pp. 133-142.

WACHTER S., DAVEZIES L., DURAN P., EMELIANOFF C., GAXIE D., RENARD V., THEYS J. (2002) : *L'aménagement en 50 tendances*, Ed. de l'Aube, La Tour d'Aigues.

WARD H., CAVE J., MORRISON A., ALSOP R., EVANS A. (1994) : *Pedestrian activity and accident risk*, Rapport pour la AA Foundation for Road Safety Research, University of Newcastle Upon Tyne.

WIEL M. (2002) : *Ville et automobile*, Ed. Descartes et Cie, Paris.

WIEL M. (1999) : *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Mardaga, Paris.

WIEL M., ROLLIER Y. (1993) : "La pérégrination au sein de l'agglomération, constats à propos du site de Brest", *Les annales de la recherche urbaine*, n° 59-60, pp. 152-162.

World Health Organization (2006) : *Health effects and risks of transport systems: the HEARTS project*, Copenhagen.

ZACHARIADIS V. (2005) : "An agent-based approach to the simulation of pedestrian movement and factors that control it", in *CUPUM'05*.

ZACHARIAS J. (2005) : "Exploratory spatial behaviour in real and virtual environments", *Landscape and Urban Planning*. In press.

ZACHARIAS J. (2001) : "Path choice and visual stimuli : signs of human activity and architecture", *Journal of environmental psychology*, vol. 21, n° 4, pp. 341-352.

ZACHARIAS J. (1997) : "The impact of layout and visual stimuli on the itineraries and perception of pedestrians in a public market", *Environment and Planning B*, vol. 24, pp. 23-35.

ZANINETTI J. M. (2005) : *Statistique spatiale, méthodes et applications géomatiques*, Hermès, Paris.

ZHANG J., TIMMERMANS H., BORGERS A., WANG D. (2004) : "Modeling traveler choice behavior using the concepts of relative utility and relative interest", *Transportation Research Part B*, Vol. 38, Issue 3, pp. 215-234.

Annexe 1

Questionnaire de l'enquête marche à pied

Matériel : ***un plan détaillé de la zone avec points de repère, noms des rues et localisation du domicile de la personne enquêtée.***

Bonjour, je réalise une enquête à l'université de Besançon pour le compte du Ministère de la Recherche, dans l'objectif de mieux connaître les conditions de déplacement en marche à pied autour de votre domicile. Pouvez-vous m'accorder quelques minutes ?
(10-12 minutes)

- NON : nouvel appel
- OUI : Nous allons considérer une semaine type, du lundi au dimanche

▪ Sur une semaine type, effectuez-vous des déplacements en marche à pied à partir de votre domicile, par exemple pour aller travailler, faire vos courses ou amener vos enfants à l'école ?

- NON : nouvel appel
- OUI : tableau 1

Tableau 1
Pour chaque motif, je vais vous poser quelques questions.

Liste d'items précis : travail, amener les enfants à l'école, dans un square, à une activité extra-scolaire (sport, musique…), achats (pain ou autres achats quotidiens), pour les loisirs (club de sport, cinéma…), promenade

Motif	**Lieu de destination**	**Fréquence**	**Temps**
Quels sont les motifs de ces déplacements pédestres ?	*Nous allons essayer de tracer ensemble votre itinéraire.*	*Avec quelle fréquence effectuez-vous ce déplacement, au cours d'une semaine standard ?*	*Quel temps estimez-vous mettre pour effectuer ce déplacement ?*
Motif :…… ……... …	1. quel est votre lieu de destination ? 2. quel trajet empruntez-vous pour vous-y rendre ? (*repérez le nom des rues ou des lieux de passage importants*)	❑ Plusieurs fois par semaine ❑ Une fois par semaine ❑ Moins souvent	
Motif :…… ……... …	1. quel est votre lieu de destination ? 2. quel trajet empruntez-vous pour vous-y rendre ? (*repérez le nom des rues ou des lieux de passage importants*)	❑ Plusieurs fois par semaine ❑ Une fois par semaine ❑ Moins souvent	
Motif :…… ……... …	1. quel est votre lieu de destination ? 2. quel trajet empruntez-vous pour vous-y rendre ? (*repérez le nom des rues ou des lieux de passage importants*)	❑ Plusieurs fois par semaine ❑ Une fois par semaine ❑ Moins souvent	
Motif :…… ……... …	1. quel est votre lieu de destination ? 2. quel trajet empruntez-vous pour vous-y rendre ? (*repérez le nom des rues ou des lieux de passage importants*)	❑ Plusieurs fois par semaine ❑ Une fois par semaine ❑ Moins souvent	

▪ Globalement, appréciez-vous les conditions de marche à pied autour de votre domicile ?
- ❑ J'apprécie beaucoup
- ❑ J'apprécie assez
- ❑ J'apprécie peu
- ❑ Je n'apprécie pas du tout

▪ Pouvez-vous m'indiquer ce qui vous plait ou vous déplait particulièrement dans ces conditions de marche à pied autour de votre domicile ?

- Réponses spontanées, les inscrire dans le tableau 2
- Je vais vous proposer d'autres caractéristiques relatives à ces conditions de marche à pied et vous demander de les évaluer.

Tableau 2

Caractéristiques	**Très satisfaisant**	**Satisfaisant**	**Peu satisfaisant**	**Pas du tout satisfaisant**	**Indifférent**
Aménagement (passages piétons, souterrains, trottoirs, …)					
Propreté					
Conditions de sécurité (agression)					
…					
…					
Contraintes	**Très contraignant**	**Contraignant**	**Peu contraignant**	**Pas du tout contraignant**	**Indifférent**
Relief					
Météo					
Bruit, pollution					
…					
…					

▪ Avez-vous des exemples d'améliorations possibles de ces conditions de marche à pied autour de votre domicile ? (*passage souterrain, trottoir, revêtements, éclairage…*)
……
……

Avant de vous quitter, pouvez-vous me parler brièvement de vous et de votre ménage.

▪ Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?

❑ moins de 18 ans ❑ 18-25 ans ❑ 26-40 ans
❑ 41-60 ans ❑ plus de 60 ans

▪ Quel est votre sexe ?
❑ masculin ❑ féminin

▪ Quelle profession exercez-vous ?
- ❑ Agriculteur, exploitant
- ❑ Artisan, commerçant, chef d'entreprise
- ❑ Cadre
- ❑ Profession intermédiaire
- ❑ Employé
- ❑ Ouvrier
- ❑ Retraité
- ❑ Inactif autre

- ❑ Etudiant
- ❑ Autre, préciser : ……

▪ Pouvez-vous nous décrire rapidement votre ménage ?

- ❖ au total, combien de personnes résident dans votre foyer (y compris vous) ? : ……
- ❖ au total, de combien de voitures disposez-vous dans votre foyer ? : ……
- ❖ au total, de combien de vélo disposez-vous dans votre foyer ? : ……

Annexe 2

Exemple de fiche de qualification paysagère

Besançon

Pont Battant
Sens de parcours est-ouest

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Bâti 40	Maisons individuelles	Résidentiel Commercial Industriel Public Monument
	Niveau intermédiaire 40	Résidentiel 33
		Commercial
		Industriel
		Public
		Monument 7
	Grands immeubles	Résidentiel
		Commercial
		Industriel
		Public
		Monument
Obstacles visuels 0	Murs Haies végétales Portails	
Végétation 20	Pelouses Fleurs Arbustes 20 Arbres Parcs	
Espaces vides 40	Places Parkings Cours d'eau 40 Terrain industriel Terrain de sport Chemin de fer Chantier	
Arrière-plan (uniquement à Besançon)	Relief Citadelle	
Nombre de voies 3 Largeur des trottoirs 3 Nombre de files de stationnement 0		

Table des tableaux

Tableau 1 : Trois époques, trois modes d'interaction entre transports, mobilité et formes urbaines 24
Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la proximité 27
Tableau 3 : Deux époques, deux logiques d'aménagement de la voirie.....60
Tableau 4 : La ville, du concret au représenté.....82
Tableau 5 : Les déplacements domicile-travail dans Besançon 94
Tableau 6 : Répartition modale dans la communauté urbaine de Lille 96
Tableau 7 : La grille de recensement paysager 110
Tableau 8 : Indice d'autocorrélation spatiale de Moran.....119
Tableau 9 : Exemple de critères de choix de route.....150
Tableau 10 : Corrélations entre variables paysagères, charge réelle et intégration locale d'ordre 2.....168
Tableau 11 : Modèles de régression selon les niveaux hiérarchiques des variables paysagères 170
Tableau 12 : Quelques lignes de la base de données "plus courts chemins" 176
Tableau 13 : Intensité des relations entre charges simulées et charges réelles des tronçons à Lille.....189
Tableau 14 : Intensité des relations entre charges simulées et charges réelles des tronçons à Besançon.....189
Tableau 15 : Récapitulatif des modèles les plus performants 191
Tableau 16 : Détermination de la valeur du choix 192
Tableau 17 : Corrélation entre moyenne de la valeur du choix et paysages à Besançon 194
Tableau 18 : Corrélation entre moyenne de la valeur du choix et paysages à Lille 194
Tableau 19 : Données utilisées dans la régression logistique.....199
Tableau 20 : Calcul des AUC.....202
Tableau 21 : Modèle généré pour Besançon (seuil, 10 % ; valeur de césure, 0,3 ; probabilité et paysages).....204
Tableau 22 : Modèle généré pour Lille (seuil, 10 % ; valeur de césure, 0,4 ; probabilité et paysages).....205
Tableau 23 : Méthode du maximum de vraisemblance.....207
Tableau 24 : Valeurs maximales pour le paramètre de regroupement 212
Tableau 25 : Valeurs maximales pour le paramètre de rationalité 212
Tableau 26 : Calcul des coefficients de rationalité et de regroupement par la méthode du maximum de vraisemblance 213
Tableau 27 : Résultats du modèle après transformation par la formule de box-cox 215
Tableau 28 : Formation d'un cluster paysager pour un seuil de regroupement inférieur ou égal à 5 % 216
Tableau 29 : Résultats du pourcentage de ressemblance paysagère à Lille 216
Tableau 30 : Résultats du pourcentage de ressemblance paysagère à Besançon.....216
Tableau 31 : Le modèle logit paysager à Besançon 218
Tableau 32 : Le modèle logit paysager à Lille 219
Tableau 33 : Méthode univariée, classes significatives à Besançon 220
Tableau 34 : Méthode univariée, classes significatives à Lille 220
Tableau 35 : Classes d'âge et comportements pédestres.....223
Tableau 36 : Motifs du déplacement et comportements pédestres.....224
Tableau 37 : Appréciations sur le déplacement et comportements pédestres 225
Tableau 38 : Modèle logit simple multivarié (Besançon) 233
Tableau 39 : Modèle logit simple multivarié (Lille) 233
Tableau 40 : Utilités partielles calculées à Besançon à partir des résultats du modèle logit.....233

Tableau 41 : Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Besançon 237
Tableau 42 : Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Lille 237
Tableau 43 : Hypothèse de choix local, modèle paysager à Besançon 247
Tableau 44 : Hypothèse de choix local, modèle paysager à Lille 247
Tableau 45 : Hypothèse de choix partiel, modèle paysager à Besançon 248
Tableau 46 : Hypothèse de choix partiel, modèle paysager à Lille 248
Tableau 47 : Hypothèse de choix local, modèle "visibilité et paysages" à Besançon 254
Tableau 48 : Hypothèse de choix local, modèle "visibilité et paysages" à Lille 255
Tableau 49 : Synthèse des méthodes d'analyse des paysages proposées 257
Tableau 50 : Synthèse des résultats selon les méthodes employées.....259

Table des encarts

Encart 1 : La problématique de la localisation des activités commerciales : le modèle de Hotelling 30
Encart 2 : Fribourg-en-Brisgau, une politique des déplacements réussie.....61
Encart 3 : La convention européenne du paysage 75
Encart 4 : L'influence des choix passés 153
Encart 5 : L'influence du contexte de choix.....154
Encart 6 : Le paradoxe bus bleu / bus rouge 180

Table des figures

Figure 1 : Spirale de la transformation de la ville par les nouvelles conditions de la mobilité urbaine 22
Figure 2 : Evolution de la population au sein de l'espace urbain.....25
Figure 3 : Etalement urbain et choix modaux 26
Figure 4 : Quand l'accessibilité devient périphérique.....32
Figure 5 : La redistribution de la population et des emplois 32
Figure 6 : Mobilité quotidienne au sein des agglomérations.....34
Figure 7 : Eléments de prospective : quel scénario ? 35
Figure 8 : La proximité éclatée 37
Figure 9 : L'anamorphose, une représentation de l'espace-temps 39
Figure 10 : Evolution des comportements de déplacements entre 1976 et 1997 en Ile-de-France.....40
Figure 11 : Des manières de se déplacer dépendantes de la localisation.....44
Figure 12 : Appréhender les avantages comparatifs de l'automobile par le prisme spatio-temporel.....45
Figure 13 : Caractéristiques des déplacements selon le mode en Ile-de-France 46
Figure 14 : Un aperçu de la complexité des déplacements urbains : le "space-time aquarium" 49
Figure 15 : Les indicateurs de la marche.....50
Figure 16 : Temps de déplacement moyen en véhicule personnel motorisé 51
Figure 17 : Interaction entre modes de transport et territoire 53
Figure 18 : Hiérarchie des besoins de la mobilité pédestre 54
Figure 19 : Offre des transports publics et comportements modaux, l'exemple de Besançon 56
Figure 20 : La démarche participative d'aménagement urbain 62
Figure 21 : Le polysystème paysage 68
Figure 22 : Trois formes du bâti.....70
Figure 23 : Trois représentations de la ville 76
Figure 24 : Distance métrique et distance psychologique 79
Figure 25 : Analyse séquentielle du déplacement 81
Figure 26 : Positionnement méthodologique de la recherche.....82
Figure 27 : Carte d'occupation du sol de Besançon 92
Figure 28 : Carte d'occupation du sol de Lille 95
Figure 29 : L'enquête marche à pied.....101
Figure 30 : Schéma conceptuel de la base de données.....101
Figure 31 : Résultats de l'enquête à Besançon 102
Figure 32 : Carte des résidus de la relation charge observée - charge simulée à Besançon 103
Figure 33 : Sélection des aires d'étude.....105
Figure 34 : Un tronçon viaire, deux compositions paysagères.....108
Figure 35 : Premiers résultats paysagers à Besançon 114
Figure 36 : Besançon et Lille, deux environnements paysagers différents 115
Figure 37 : Analyse en composantes principales à Lille 116
Figure 38 : Diversité topologique et influence paysagère 117
Figure 39 : Indice local d'association spatiale pour la classe végétation 120

Figure 40 : L'indice de diversité de Shannon pour les niveaux paysagers 2 et 3 (Lille)....121
Figure 41 : Modélisation du réseau pour la théorie des graphes....126
Figure 42 : Graphe orienté et valué....127
Figure 43 : L'analyse visuelle dans la syntaxe spatiale : les lignes axiales et le polygone isoviste....131
Figure 44 : Théorie des graphes et syntaxe spatiale : deux approches fondamentalement différentes....132
Figure 45 : Théorie des graphes et syntaxe spatiale : deux définitions de la "proximité"....132
Figure 46 : Modèle à quatre étapes et processus de décision....139
Figure 47 : L'intérêt de l'approche désagrégée....143
Figure 48 : La décision, des fondements économiques aux prolongements psychologiques....147
Figure 49 : Schématisation des courants béhavioristes et cognitivistes....152
Figure 50 : Détermination des lignes axiales pour la ville de Lille....165
Figure 51 : Une nouvelle définition de la proximité....166
Figure 52 : Calculs d'intégration pour la zone d'étude lilloise (profondeur d'ordre 2 et 3)....167
Figure 53 : Relation entre intégration locale d'ordre 2 et charge observée....168
Figure 54 : Charges prédites par le modèle (niveaux 2 et 3)....171
Figure 55 : Carte des résidus du modèle (niveaux 2 et 3)....171
Figure 56 : Probabilités de choix de cinq trajets en fonction de la valeur du paramètre μ....179
Figure 57 : Rationalité et charges prédites....180
Figure 58 : Deux exemples d'application du modèle logit....181
Figure 59 : Le choix, un processus séquentiel....182
Figure 60 : Exemple de modèle Logit hiérarchique....183
Figure 61 : Application du logit hiérarchique....184
Figure 62 : Seuils de regroupement dans un logit hiérarchique....184
Figure 63 : Un exemple d'arbre de décision hiérarchique....185
Figure 64 : Exemples de cartes de charges issues de l'application des modèles logit à Lille....188
Figure 65 : Comparatif des modèles en fonction de la part de trajets significatifs....190
Figure 66 : Comparatif des modèles en fonction du coefficient de détermination....191
Figure 67 : Charge effective, théorique et valeur du choix pour un trajet....192
Figure 68 : Valeurs de choix moyennes des tronçons....193
Figure 69 : Itération des calculs de corrélation pour chaque trajet....195
Figure 70 : Analyse désagrégée, corrélations relevées aux tronçons....196
Figure 71 : Intérêt de la phase de validation aux tronçons....197
Figure 72 : Matrice des confusions....199
Figure 73 : Le biais du calcul des plus courts chemins multiples....201
Figure 74 : Exemple de calcul de courbe ROC et de l'indicateur AUC à Besançon....202
Figure 75 : Valeurs de l'indice Kappa à Besançon....204
Figure 76 : Valeurs de l'indice Kappa à Lille....205
Figure 77 : Représentation graphique de la fonction de vraisemblance....208
Figure 78 : Comportements des paramètres de rationalité et de regroupement....211
Figure 79 : Transformation de la longueur par la formule de box-cox....214
Figure 80 : Caractéristiques personnelles des échantillons de piétons....222
Figure 81 : Caractéristiques des déplacements recensés....224
Figure 82 : Caractéristiques des trajets recensés....226
Figure 83 : Le problème de définition des clusters dans le modèle hiérarchique....227
Figure 84 : La multiappartenance des itinéraires dans le modèle cross-nested....228
Figure 85 : Une fonction d'appréciation théorique....235
Figure 86 : Rôle du paramètre ψ_i de la fonction de désavantage....236
Figure 87 : Une nouvelle méthode d'analyse des choix d'itinéraires....243
Figure 88 : Localisation des bifurcations....244
Figure 89 : Une bifurcation, deux hypothèses, deux objets d'analyse....244
Figure 90 : Le déplacement, une succession de choix, un cumul de jugements....245
Figure 91 : Synthèse des résultats obtenus aux tronçons....246
Figure 92 : Distinction du sens des angles....250
Figure 93 : Deux méthodes pour calculer l'angle de l'itinéraire choisi avec la destination....251
Figure 94 : Calcul de visibilité à la bifurcation....252
Figure 95 : Calcul d'intervisibilité entre deux tronçons....253

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE 11

PREMIÈRE PARTIE
CONTEXTE ET ENJEU DE LA RECHERCHE : LA PLACE DE LA MARCHE À PIED EN VILLE

Introduction de la première partie 19

Chapitre 1
La ville recomposée 21

1. La problématique de l'étalement urbain 21
   1.1. La révolution des villes 22
   1.2. Le nouvel âge de la ville 23
   1.3. L'étalement urbain 24
   1.4. L'expansion urbaine et son cercle vicieux 25
2. La nouvelle organisation intra-urbaine 28
   2.1. Les héritages de la ville fordiste 28
   2.2. Le zonage, une forme d'urbanisme obsolète 29
   2.3. Le jeu des acteurs économiques, générateur de spécialisation spatiale 30
   2.4. La ville postfordienne 33
   2.5. Des déplacements plus complexes à l'échelle de l'agglomération 33
3. Vers une redéfinition de la proximité 34
   3.1. Le modèle rhénan ou la ville compacte : un scénario impossible ? 35
   3.2. Au sein de l'archipel, des îles de proximité 37
   3.3. L'abandon de la mixité… un facteur de ségrégation sociale et spatiale 39
   3.4. Quand urbanité rime avec marche à pied 41

Conclusion 41

Chapitre 2
Quelle place pour la mobilité pédestre ? 43

1. Un contexte défavorable à la marche à pied 43
   1.1. Des pratiques inégales au sein de la ville 44
   1.2. La marche à pied, un mode comparativement désavantagé 44

1.3. De nouveaux comportements de mobilité 47

2. Les conditions d'un report modal en faveur de la marche à pied 49
2.1. Des transferts modaux possibles 50
2.2. Mieux cerner les besoins de la marche à pied 52
2.3. D'inégales capacités à accepter le report modal 55

3. Nouvelles politiques urbaines 56
3.1. Quelle politique urbanistique aujourd'hui ? 57
3.2. La législation, symbole d'un prise de conscience des pouvoirs publics 57
3. 3. Un exemple emblématique : le nouveau partage de la voirie 59
3.4. Pour une meilleure prise en compte des besoins des piétons 61

Conclusion 62

Chapitre 3
Pour une intégration du paysage dans les réflexions sur la mobilité pédestre 65

1. Vers une définition du paysage urbain 66
1.1. Le paysage, un élément essentiel du vécu urbain 66
1.2. Le paysage urbain : une réalité méconnue 67
1.3. Une référence explicite au polysystème paysage 68
1.4. L'hétérogénéité paysagère des villes 70

2. Le paysage urbain au centre des attentions institutionnelles 72
2.1. Le cadre législatif du paysage 72
2.1.1. Les règlements urbanistiques 73
2.1.2. La jurisprudence 74
2.2. Les lectures du paysage : privilégier la synergie des conceptions 74

3. Analyse objectivée de la relation paysages - piétons 76
3.1. Dépasser les conceptions esthétiques, patrimoniales et ponctuelles 76
3.2. De l'écologie urbaine aux distances multidimensionnelles 78
3.3. Etablir un lien entre mobilité pédestre et paysages 80
3.4. Une méthode d'analyse particulière 81
3.4.1. L'analyse technique du paysage urbain 81
3.4.2. L'observation indirecte 82

Conclusion 83

Conclusion de la première partie 85

DEUXIÈME PARTIE
FORMALISATION THÉORIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE DES QUESTIONNEMENTS SUR LES DÉPLACEMENTS PÉDESTRES

Introduction de la deuxième partie 89

Chapitre 1
Terrain d'étude et constitution des bases de données marche à pied et paysages 91

1. Un terrain d'étude double 91
1.1. Besançon, une ville moyenne 92
1.1.1. Etalement urbain 93
1.1.2. Partage modal 93
1.1.3. Plan de déplacements urbains 94
1.2. Lille, une agglomération millionnaire 95

1.2.1. Etalement urbain ... 96
1.2.2. Partage modal ... 96
1.2.3. Plan de déplacements urbains ... 96

2. L'enquête marche à pied ... 97
2.1. La mobilité intraurbaine au centre des attentions ... 97
2.2. Réalisation de l'enquête marche à pied ... 100
2.3. Calcul d'intensité théorique du trafic pédestre par les plus courts chemins ... 103
2.4. Sélection des aires d'étude ... 104

3. Le recensement paysager ... 105
3.1. Méthodologie d'enquête ... 106
3.1.1. Quel objet renseigne-t-on ? ... 107
3.1.2. Une approche paysagère spécifique ... 107
3.1.3. Comment renseigner le paysage ? ... 108
3.2. Composition de la grille de recensement ... 109
3.3. Premières observations paysagères ... 113
3.3.1. Description synthétique ... 115
3.3.2. Une topologie déterminante ... 116
3.3.3. La diversité paysagère ... 121

Conclusion ... 122

Chapitre 2
Modéliser et caractériser les réseaux ... 123

1. Quelques considérations générales sur les réseaux ... 123

2. La théorie des graphes ... 125
2.1. Une modélisation préalable essentielle mais restrictive ... 125
2.2. Description morphologique ... 126
2.3. Description fonctionnelle ... 127

3. Une autre approche : la syntaxe spatiale ... 128
3.1. Le "mouvement naturel" ... 129
3.2. Méthode surfacique ... 130
3.3. Méthode linéaire ... 130

Conclusion ... 133

Chapitre 3
Choix d'itinéraires et modèles comportementaux ... 135

1. Une approche modélisatrice ... 135
1.1. Les principes de la démarche modélisatrice ... 136
1.2. Un modèle général : le modèle à quatre étapes ... 137
1.3. Les modèles désagrégés ... 139
1.4. Modèles de choix discrets et modèles de choix d'itinéraires ... 142
1.5. La voie de la programmation ... 144

2. Appréhender les comportements individuels ... 145
2.1. Quelles stratégies de déplacement pour les piétons ? ... 145
2.2. La prise de décision, entre préférences et attitudes ... 146
2.3. Une remise en cause du contenu classique de l'utilité ... 148
2.4. Du déterminisme au probabilisme ... 150
2.5. Quelques prolongements théoriques en psychologie ... 152

Conclusion ... 155

Conclusion de la deuxième partie ... 156

TROISIÈME PARTIE
MISE EN ŒUVRE EXPÉRIMENTALE : ANALYSE DU RÔLE DES PAYSAGES URBAINS DANS LES COMPORTEMENTS PÉDESTRES

Introduction de la troisième partie 161

Chapitre 1
Travail expérimental sur le "mouvement naturel" des piétons : application de la syntaxe spatiale 163

1. Fréquentation pédestre et charge théorique 163
2. Premiers résultats relatifs au calcul d'intégration 167
3. Vers un modèle prédictif basé sur l'intégration locale et les paysages 169

Conclusion 172

Chapitre 2
Modéliser les choix d'itinéraires : de nombreuses pistes de recherche 175

1. Un modèle de choix discret : le modèle logit multinomial 176
   1.1. Définition de l'ensemble de choix 176
   1.2. Le modèle logit multinomial : un modèle simple de choix d'itinéraires 177
   1.3. Le modèle logit multinomial hiérarchique 181
2. Evaluation des modèles à partir des charges affectées aux tronçons 187
   2.1. D'un modèle prédictif des charges agrégées aux tronçons… 188
   2.2. … à une analyse désagrégée des charges aux tronçons et par trajet 189
   2.3. Définir la valeur des choix d'itinéraires 191
   2.4. Analyse agrégée aux tronçons de la relation paysages - valeur du choix 193
   2.5. Analyse désagrégée par trajet et aux tronçons de la relation paysages - valeur du choix 194
3. Evaluation des modèles à partir des probabilités d'usage des trajets 198
   3.1. La régression logistique binaire, une méthode agrégée 198
      3.1.1. Matrice des confusions 199
      3.1.2. Données testées 200
      3.1.3. Méthodes ROC et AUC 201
   3.2. Vers une analyse totalement désagrégée 206
      3.2.1 Intégration des paysages dans la définition de l'utilité 206
      3.2.2. Méthode du maximum de vraisemblance 206
      3.2.3. Statistique du rapport de vraisemblance 208
      3.2.4. Qualité de l'ajustement par le coefficient ρ^2 209
   3.3. Mise en application des modèles logit pour reproduire les comportements observés 210
      3.3.1. Comportement général des indices de rationalité et de seuil de regroupement 210
      3.3.2. La longueur des trajets est-elle perçue de manière linéaire ? 213
      3.3.3. Regroupement des alternatives en fonction des paysages 215
      3.3.4. Intégration des paysages dans la définition de l'utilité et résultats des modèles 217
      3.3.5. Vers une distinction des comportements 221
   3.4. Quelques perspectives de recherche : les autres modèles de choix discrets 226

Conclusion 228

Chapitre 3
Pour une meilleure prise en compte des comportements de décision 231

1. Vers une prise de décision dépendante du contexte 231
   1.1. Définition classique de l'utilité des itinéraires 232
   1.2. Prise en compte du contexte local de choix des piétons 234
2. Des comportements de choix relatifs 237

Conclusion 238

Chapitre 4 239
Une nouvelle manière d'appréhender les déplacements : les choix d'itinéraires progressifs 239

1. Questionnements sur la modélisation des choix d'itinéraires 239
   1.1. Le problème de l'ensemble de choix 240
   1.2. Différentes manières d'appréhender l'environnement urbain 241
   1.3. Mise en œuvre pratique : l'algorithme des bifurcations 243

2. Incidence des paysages sur les bifurcations 247
   2.1. Hypothèse de choix local 247
   2.2. Hypothèse de choix partiel 248

3. Quelques indicateurs techniques de visibilité 249
   3.1. Reproduire la vision du piéton 249
   3.2. Calculs d'indicateurs spécifiques 250
      Quelques problèmes relatifs à la méthode employée 254
   3.3. Résultats des modèles "visibilité et paysages" 254

Conclusion 255

Conclusion de la troisième partie 257

CONCLUSION GÉNÉRALE 263

Bibliographie 269
Annexes 283
Table des tableaux 289
Table des encarts 291
Table des figures 293
Table des matières 2955

Modélisation des choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain
Approche géographique et paysagère

Résumé
Actuellement, la marche à pied suscite un regain d'intérêt comme mode de transport complémentaire. En effet, les décideurs locaux semblent vouloir atténuer le déséquilibre existant entre modes de déplacement au sein des agglomérations. En géographie, la mobilité se réfère à la pratique des échanges et des déplacements qu'effectuent les individus ou groupes d'individus ; cette mobilité est susceptible de révéler les propriétés des lieux et de participer à leur transformation. Parmi tous les modes de déplacement, la marche à pied implique un rapport privilégié entre les personnes et l'espace dans lequel elles évoluent. Le paysage visible, en tant qu'élément du cadre de vie pratiqué quotidiennement et perçu par le prisme de la perception, est donc un facteur pris en compte dans les choix de déplacement.

Cette recherche a pour objectif d'analyser les choix d'itinéraires pédestres en fonction des paysages urbains. Deux enquêtes sont pour cela mises en œuvre sur les sites de Lille et Besançon. La première a donné lieu au recensement de plus de 500 trajets en marche à pied ; la seconde a permis de qualifier précisément les paysages urbains. En mettant en œuvre plusieurs types d'analyses géographiques en partie inspirées des travaux des économistes et des psychologues, les caractéristiques des déplacements pédestres sont mises en évidence. Des modèles de choix discrets sont ainsi utilisés et le travail proposé conduit à élaborer une méthode originale d'évaluation des paysages urbains perçus par les piétons.

Mots-clés
Paysages urbains, mobilité pédestre, choix d'itinéraires, modèles de choix discrets, comportements de mobilité.

Modelling pedestrian route choices in urban areas
Geographical and landscape approach

Abstract
Nowadays, on foot journeys create renewed interest as a complementary mode of transport. Indeed, local decision makers appear as willing to reduce the imbalance between different ways of transport within the cities. In the field of Geography the term 'mobility' refers to the practice of exchanges and movements done by individuals or groups of individuals; this mobility is likely to reveal the characteristics of places and to contribute to their alteration. Among all the modes of transport, walking implies a privileged relation between persons and area they live in. As an element of the living environment used on a daily basis and eventually integrated by the prism of perception the visible cityscape therefore represents an important factor which needs to be considered in the choices of itineraries.

The object of this research is to analyse the choices in pedestrian itineraries according to the urban landscape. In order to do this, we have conducted two surveys in the cities of Lille and Besançon. The first one gave rise to the census of more than 500 walking routes whereas the second one allowed us to describe precisely the variety of urban landscapes. The implementation of various types of geographical analysis (partly inspired from the works of economists and psychologists) has allowed us to highlight the characteristics of pedestrian journeys. Thus, some discrete choice models are used and the research leads to the development of a genuine method to assess how pedestrians perceive the urban landscape.

Keywords
Urban landscape, pedestrian mobility, itineraries choices, discrete choice models, mobility behaviour.