

# Le retour du vélo comme mode de déplacement

Francis Papon

▶ **To cite this version:**

Francis Papon. Le retour du vélo comme mode de déplacement. Sociologie. UNIVERSITE PARIS-EST, 2012. tel-00852427

**HAL Id: tel-00852427**
**https://theses.hal.science/tel-00852427**

Submitted on 21 Aug 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IFSTTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

UNIVERSITÉ PARIS-EST

Pôle de recherche et d'enseignement supérieur

# Le retour du vélo comme mode de déplacement

**Habilitation à Diriger des Recherches – Dossier de candidature**

Tome 1 : Mémoire de synthèse

Francis PAPON
ICPEF
Chercheur au Département Économie et Sociologie des Transports
Téléphone : 33 (0)1 45 92 57 05
Télécopie : 33 (0)1 45 92 55 01
Francis.papon@ifsttar.fr

Date : 24 juillet 2012

Membres du jury:

Jean-Pierre Orfeuil, IUP, Université Paris 12, président
Gabriel Dupuy, CRIA, Université Paris 1, rapporteur
André Guillerme, CNAM, rapporteur
Charles Raux, LET, Université Lyon 2, rapporteur
Dominique Lebrun, Coordonnateur Interministériel
Jean-Loup Madre, Dest, Ifsttar
Dominique Mignot, Direction Scientifique, Ifsttar
Jean Laterrasse, LVMT, ENPC, directeur d'habilitation

*Francis Papon, Département Economie et Sociologie des Transports (Dest)*
**Institut français des sciences et technologies des transports de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar)**
Cité Descartes
Boulevard Newton
Champs-sur-Marne
77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. 01 40 43 50 00
Fax : 01 40 43 54 98

*Remerciements :*
*Je tiens d'abord à remercier mon directeur d'habilitation, Jean Laterrasse, qui a été le premier à me suggérer de présenter un dossier de candidature pour l'habilitation à diriger des recherches. J'exprime ma gratitude aussi à Jean-Loup Madre, qui a ensuite persévéré à m'y inciter, et aux rapporteurs et membres du jury qui ont bien voulu l'examiner. Je suis naturellement reconnaissant envers l'Inrets, puis l'Ifsttar, mes employeurs, pour m'avoir permis de faire toutes les recherches ici présentées. Je remercie également tous les financeurs de tous les contrats de recherche que je cite en volume 2 pour avoir financé ces recherches. Je remercie tout particulièrement les personnes qui ont eu un impact important sur l'orientation de mes recherches : Georges Dobias qui m'a embauché à l'Inrets, Roger Marche qui m'a accueilli au Dest, Rémi Prud'homme qui a dirigé ma thèse, Jean-René Carré qui m'a orienté vers les modes actifs. Je remercie aussi ceux qui m'ont aidé dans ce travail de mémoire, et en ont fait des relectures attentives, dont Jimmy Armoogum, Ariane Dupont-Kieffer, Frédéric Héran, Laurent Hivert, Jean-Loup Madre, Françoise Potier, Francis-Marie Robin. Comme ces travaux n'auraient pas pu se faire seul, je témoigne ma reconnaissance à tous les collègues avec qui j'ai travaillé : à l'ensemble du Dest, aux membres des autres unités de l'Inrets puis de l'Ifsttar, notamment du Déra, à ceux du LTN, du Grettia et de l'Umrestte, et des autres organismes publics et entreprises français, en particulier du Certu et du Cété Nord-Picardie, et aux collègues étrangers avec qui j'ai pu avoir de riches échanges. Je tiens également à souligner l'apport déterminant du milieu associatif sur mes thèmes de recherches. Je remercie tout particulièrement tous mes co-auteurs trop nombreux pour être énumérés ici et que l'on pourra trouver dans la liste des productions dans le tome 2, mais parmi les meilleurs papiers citons Sylvie Abours, Élise Boucq, François Cuenot, Marco Diana, Laurent Hivert, Claude Soulas, Chao-fu Yeh. Je suis également très reconnaissant envers tous les post-doctorants, doctorants et stagiaires de différents niveaux que j'ai encadrés, et dont la liste se trouve aussi dans le tome 2, pour l'intensité des échanges scientifiques qu'ils ont permis, notamment, outre ceux cités comme co-auteurs, Anaïs Rocci. Je ne peux citer tous les noms, à moins de rédiger un annuaire, mais que tous ceux qui m'ont apporté, nommés ou non, soient chaleureusement remerciés.*

*À ma fille, Lili*

# SOMMAIRE


**1 Introduction: mieux se déplacer à bicyclette ..... 7**

**2 Le vélo, un objet scientifique ..... 11**

*2.1 Le vélo : une histoire de mots ..... 11*

2.1.1 Vélocipède (draisienne) 1818 ..... 11
2.1.2 Vélocipède (à pédales) 1864 ; véloce, vélo 1869 ..... 12
2.1.3 Tricycle, bicycle 1868, cycle 1870 ..... 13
2.1.4 Bicyclette 1886 ..... 14
2.1.5 Cycle 1898 ..... 15
2.1.6 Deux-roues 1960 ..... 16
2.1.7 Modes doux 1996 ..... 16
2.1.8 Modes actifs 2005 ..... 17
2.1.9 *Monsieur Vélo* 2006 ..... 17
2.1.10 Créativité cyclonymique ..... 18

*2.2 Le vélo : une curiosité pour toutes les sciences ..... 18*

2.2.1 Le vélo du physicien ..... 18
2.2.2 Le vélo du médecin ..... 19
2.2.3 Le vélo du statisticien ..... 20
2.2.4 Le vélo de l'économiste ..... 21
2.2.5 Le vélo du sociologue ..... 21
2.2.6 Le vélo du psychologue ..... 22
2.2.7 Le vélo de l'informaticien ..... 22
2.2.8 Le vélo du géographe ..... 23
2.2.9 Le vélo de l'ingénieur ..... 23
2.2.10 Le vélo de l'urbaniste ..... 24
2.2.11 Le vélo de l'historien ..... 24
2.2.12 Le vélo du prospectiviste ..... 26

*2.3 Le vélo : un bilan ..... 26*

2.3.1 Un premier bilan économique de la marche et du vélo ..... 27
2.3.2 La consommation énergétique du cycliste ..... 28
2.3.3 Intégrer la marche et le vélo dans les comptes de déplacement et l'évaluation de politiques de transport ..... 37

*2.4 Le vélo : un objet de recherche à définir ..... 39*

2.4.1 Le retour du vélo ..... 39
2.4.2 Le vélo moyen de transport ..... 40
2.4.3 Le vélo dans un contexte sociétal ..... 41
2.4.4 D'autres objets gravitant autour du retour du vélo–transport ..... 41

**3 Mon parcours : la quadrature du cycle ..... 43**

*3.1 Introduction : démêler le peloton ..... 43*

*3.2 Le paradigme de l'ingénieur : gérer ..... 45*

3.2.1 Facturer la congestion ..... 45
3.2.2 Évaluer les routes ..... 46
3.2.3 Gérer la demande ..... 46
3.2.4 Modéliser le trafic ..... 47

*3.3 Le paradigme du militant : changer ..... 47*

3.3.1 Prendre conscience des enjeux ..... 48
3.3.2 Infléchir les comportements ..... 49
3.3.3 Penser global, agir local ..... 51
3.3.4 Apprendre des mégapoles ..... 52
3.3.5 Restructurer l'équipe ..... 54

*3.4 Le paradigme du chercheur : connaître ..... 56*

3.4.1 Tabuler l'écomobilité ..... 56

3.4.2 Évaluer l'écomobilité ... 57
3.4.3 Renouveler l'offre ... 58
3.4.4 Mesurer les attitudes et les comportements ... 59
3.4.5 Concevoir des enquêtes ... 60
*3.5 Les dimensions du problème ... 61*
3.5.1 Les trois paradigmes ... 61
3.5.2 Les modalités de la mobilité ... 61
3.5.3 Les zones du territoire ... 62
3.5.4 Les cercles des échelles ... 63
3.5.5 Les perspectives du temps ... 64
3.5.6 Les lignes des approches ... 65
3.5.7 L'administration et l'animation de la recherche ... 67

**4 La méthodologie : la démarche du cycliste ... 69**
*4.1 Sept méthodes en rayons ... 69*
4.1.1 Méthode onirique ... 69
4.1.2 Méthode critique ... 70
4.1.3 Méthode empirique ... 71
4.1.4 Méthode exhaustive ... 72
4.1.5 Méthode opérationnelle ... 74
4.1.6 Méthode expérimentale ... 74
4.1.7 Méthode synthétique ... 76
*4.2 Des innovations qui roulent ... 76*
4.2.1 La différenciation de la demande ... 77
4.2.2 Davantage de vélo dans les enquêtes ... 79
4.2.3 Les biographies transport ... 82
4.2.4 L'utilité primaire des déplacements ... 84
4.2.5 Conclusion : des avancées promettant des résultats ... 89

**5 Le clou des résultats et apports ... 91**
*5.1 De la congestion à la mobilité durable ... 91*
5.1.1 La difficile mise en œuvre de la gestion de la demande de mobilité ... 92
5.1.2 Plus de mobilité, jusqu'où ? ... 99
5.1.3 La nécessaire coordination de l'urbanisation et du transport ferroviaire ... 103
5.1.4 Les plans de transport de l'Île-de-France ... 105
*5.2 Des statistiques de référence sur le vélo en France ... 108*
5.2.1 Le vélo, d'une enquête à l'autre ... 109
5.2.2 L'usage de la marche et du vélo dans les années 1990 ... 110
5.2.3 Quelques chiffres sur le vélo dans les années 2000 ... 112
5.2.4 L'évolution de la mobilité à vélo en France ... 114
*5.3 Une vision mondiale du vélo ... 130*
5.3.1 Vélo de transition ou vélo d'avenir ... 131
5.3.2 La transition de la mobilité : de la marche à la voiture ... 133
5.3.3 Évolution de la mobilité dans le monde : quelle place pour la bicyclette ? ... 136

**6 Perspectives : un horizon cyclable ? ... 141**
*6.1 Shanghai, modèle d'avenir ? ... 141*
6.1.1 Les supervoies de la supermégapole *Super Mari* (Shanghai) ... 141
6.1.2 Le potentiel des deux-roues électriques ... 148
*6.2 Des enjeux politiques du vélo ... 149*
6.2.1 L'articulation avec les transports collectifs ... 149
6.2.2 Le casque : si on le porte, on fait moins de vélo ... 153
6.2.3 Qu'est-ce que l'écomobilité ? ... 156
*6.3 Conclusions générales ... 159*

**7 Références ... 165**

**8 Plan du tome 2.....183**

# 1 Introduction: mieux se déplacer à bicyclette

欲速则不达
*Yù sù zé bù dá*.
Qui trop se hâte n'atteint pas le but (proverbe chinois).

Le présent mémoire a pour objet de présenter ma candidature à l'habilitation à diriger des recherches auprès de l'Université de Paris Est. Il s'inscrit dans l'école doctorale « Ville, Transports et Territoires », dans la spécialité transport.

Si le transport n'est pas à proprement parler une discipline académique, il constitue le domaine dans lequel ont été effectuées toutes les recherches présentées. C'est en effet le domaine de recherche appliqué de l'Institut dans lequel j'ai travaillé depuis 1988 (Inrets, devenu Ifsttar en 2011). L'approche scientifique du secteur transport ne peut être que pluri–disciplinaire, tant les différentes problématiques forment un système complexe. Une analyse limitée à une seule discipline n'en renverrait qu'une image partielle et biaisée et risquerait de conduire à des conclusions non pertinentes pour la recherche et pour la prise de décision. Les approches développées au cours de ces recherches relèvent de la statistique, de l'économie, de la sociologie, de la géographie, de l'histoire, de l'aménagement et d'autres champs, sans qu'il soit toujours nécessaire de spécifier dans quelle discipline elles se situent.

Ingénieur polytechnicien recruté dans le corps des Ponts-et-Chaussées (maintenant Ponts, Eaux et Forêts), j'ai justement soutenu ma thèse de doctorat à l'Université de Paris-XII dans la spécialité pluridisciplinaire, mention transport. J'ai été intéressé dès le début par améliorer les transports selon les trois dimensions du développement durable : efficacité économique, équité sociale, et préservation environnementale.

À l'intérieur du domaine des transports, mes recherches ont concerné essentiellement la mobilité des personnes, et en général la mobilité quotidienne et locale. Elles ont porté sur divers objets : congestion, stationnement, gestion du trafic, prévision de la demande, prospective, comportements de mobilité, évolution et déterminants de ces comportements, suivi longitudinal des individus, effets des infrastructures et des modes de transport, accidentologie, sécurité secondaire, intermodalité, comparaisons internationales. Mais ces recherches se sont progressivement focalisées sur les modes actifs, et particulièrement sur le vélo, comme mode de transport. C'est pourquoi, le vélo est l'objet de ce mémoire.

Le vélo est en effet à mon avis une partie importante de la réponse aux grands enjeux de société que posent les transports aujourd'hui. Le coût croissant des approvisionnements énergétiques à venir, le coût élevé des investissements dans de nouvelles infrastructures de transport, face à la stagnation du pouvoir d'achat des ménages, et à la raréfaction des ressources budgétaires publiques impliquent forcément la recherche d'une meilleure efficacité du système de transport à moindre coût. La croissance des inégalités de revenu, l'enclavement de certains quartiers en difficulté, face à la nécessité d'assurer l'accessibilité aux emplois et à l'exigence de garantir la cohésion sociale rendent indispensable de valoriser des solutions de transport adaptées. L'engagement incontournable de réduction des émissions de gaz à effet de serre et le souhait consensuel de préserver l'environnement naturel et urbain face à la lenteur des progrès technologiques et l'impossibilité de poursuivre l'étalement urbain obligent à repenser une articulation entre l'urbanisme et les transports moins dépendante des modes motorisés individuels. Enfin, la prévalence des maladies de la sédentarité et

l'insuffisance de l'activité physique de la population, face au coût social de la santé publique, font du vélo un outil particulièrement pertinent.

Pourtant, il n'était pas évident de faire porter ce mémoire de HDR sur le vélo. Il y a quelques années, le sujet aurait été considéré comme peu sérieux, sans véritable enjeu scientifique. Le mot même de *vélo* n'était pas utilisé dans les publications académiques et officielles. Heureusement, le regain d'intérêt récent pour le vélo comme solution de mobilité rend ce projet possible. Comme j'ai personnellement vécu ce retour en grâce du vélo, je voudrais témoigner que ce ne fut pas une chose facile, mais que c'est un changement progressif de mentalité qui s'est peu à peu diffusé parmi l'ensemble des acteurs. Il y a vingt ans, le vélo n'était pas considéré comme un moyen de transport par les politiques publiques. Les compétences techniques des collectivités territoriales disparaissaient. Le réseau de service de proximité aux cyclistes s'étiolait sous l'impact du développement de la grande distribution. Dans ces conditions, il n'était pas étonnant que l'usage du vélo diminuât. Ce sont néanmoins les rares cyclistes restants qui, en s'organisant en associations, en revendiquant le droit de continuer à circuler, ont peu à peu fait bouger le système jusqu'à renverser la tendance. Il fallait voir combien ces militants cyclistes étaient pris pour de doux rêveurs, moqués pour leurs espoirs rétrogrades.

Je voudrais rendre hommage à ces associations, seules à avoir conservé en France la compétence sur le vélo comme moyen de transport. Les premières municipalités qui les ont écoutées (Strasbourg, puis Paris notamment) maintenant s'en félicitent. Ce n'est que progressivement, après essais et erreurs, que les compétences techniques des villes sur le vélo sont réapparues. Et elles ont gagné jusqu'aux services de l'État, qui a fini par avoir une politique nationale du vélo. Dans les années 1990, les travaux sur le vélo étaient si rares[1] qu'il était possible à une seule personne de tout lire. Ce n'est plus possible aujourd'hui, ce qui montre le succès que ce sujet a eu parmi les commanditaires des études et de la recherche. Aujourd'hui, le nombre d'acteurs travaillant sur le vélo a considérablement augmenté. Il me semble donc qu'il est temps pour moi de faire le point sur mes propres travaux.

Si j'ai intitulé cette introduction « Mieux se déplacer à bicyclette », du nom de l'association francilienne de cyclistes MDB, c'est que cette expression correspond bien au sens que j'entends donner à mes travaux : connaître, améliorer et promouvoir les déplacements à bicyclette. Mais il y a tant de recherches à faire pour y parvenir. Or, je ne peux présenter dans ce mémoire que les recherches que j'ai menées, ce qui est forcément frustrant, car souvent j'aurais aimé approfondir dans de nombreuses directions, mais laissons cela pour de futurs travaux.

Ce mémoire est divisé en deux tomes. Le premier tome est un mémoire de synthèse de mes recherches. Cette introduction en est le chapitre 1.

Le chapitre 2 expose pourquoi le vélo est un objet scientifique. Le choix même du mot *vélo* n'est pas innocent quant à la nature de l'objet étudié, et l'usage de ce mot dans le vocabulaire officiel et scientifique est récent. Pourtant, de nombreuses disciplines ont mené des recherches sur le vélo. Je donne ensuite mes propres résultats de recherche sur l'évaluation socio-économique du vélo en France. Enfin, je définis mon objet de recherche, qui se justifie par rapport au vélo.

Le chapitre 3 décrit les différentes problématiques de recherche qui ont constitué mon parcours. Ces problématiques sont structurées autour de trois paradigmes, qui se sont succédés, mais ont aussi cohabité : le paradigme de l'*ingénieur* pour améliorer le système, le paradigme du *militant* pour le changer, et le paradigme du *chercheur* pour le connaître. Ainsi, c'est le changement de perpective dévoilé par l'usage du vélo qui l'a fait

[1] Au moins en français et en anglais, car des publications en allemand ou en néerlandais étaient déjà consistantes.

passer du statut de mode marginal à celui de question de recherche en passant par une mobilisation revendicative.

Le chapitre 4 présente la méthodologie adoptée. Il décompose d'abord la démarche de recherche en sept méthodes principales, constituant un cycle et structurant l'activité du chercheur. Ensuite, il met en avant quatre innovations méthodologiques que j'ai développées : la différenciation de la demande, la prise en compte du vélo dans les enquêtes, les biographies sur les transports, et l'utilité primaire des déplacements. Chacune de ces méthodes s'est avérée pertinente pour l'étude du vélo.

Le chapitre 5 synthétise les résultats les plus marquants de mes recherches. Ces résultats portent d'abord sur la maîtrise des circulations automobiles et la mise en œuvre d'une mobilité durable. Ils constituent ensuite des statistiques de références sur le vélo en France. Ils s'élargissent ensuite à une vision mondiale du vélo et au rôle qu'il joue ou peut jouer dans les enjeux du développement durable.

Le chapitre 6 s'intéresse aux perspectives pour le futur. Il met en exergue le cas de la ville de Shanghai que j'ai étudié. Puis il montre mes résultats de recherche sur trois aspects importants pour la mise au point de politiques sur le vélo: l'intermodalité, le casque, et l'écomobilité. Enfin, il formule mes conclusions générales.

Le deuxième tome présente un *curriculum vitae* détaillé avec la liste des différentes formes de production de la recherche, et le texte intégral d'une sélection de publications.

Les publications dans lesquelles je suis impliqué sont citées avec le nom du ou des auteurs (donc mon nom est forcément très souvent cité), et l'année suivie d'une lettre majuscule indiquant la nature de la publication, et éventuellement d'un numéro. Les lettres utilisées pour les documents cités dans ce tome 1 sont :

| **académiques** | **techniques** | **autres** |
|---|---|---|
| A, B article dans revue avec comité de lecture (internationale et nationale) | J article dans revue technico–professionnelle | P article de vulgarisation |
| C, D communication à manifestation avec actes (internationale et nationale) | K communication à colloque sans actes | Q conférence tous publics |
| | L logiciel | U travaux encadrés |
| E ouvrage ou chapitre d'ouvrage | M rapport de recherche | Y organisation de séminaire |
| G relecture | N expertise | |



Jérusalem, Israël, 01/06/2010. Photo Francis Papon



Yerres, Essonne, 06/07/2009. Photo Francis Papon



Valparaíso, Chili, 08/11/2011. Photo Françoise Potier



Goyang, Corée du Sud, 08/09/2011. Photo Francis Papon



Agra, Inde, 27/12/2009. Photo Francis Papon



Shanghai, Chine, 06/08/2006. Photo Francis Papon

# 2 Le vélo, un objet scientifique

名不正，言不顺
*Míng bù zhèng yán bù shùn*.
Quand l'objet n'est pas correctement nommé, les paroles ne peuvent pas être justes (Confucius).

## 2.1 Le vélo : une histoire de mots

Le mot *vélo* désigne communément un véhicule en général à deux roues et mû par la force musculaire. Nous allons voir que le vocabulaire employé a évolué en fonction de l'évolution de la technique, de la diffusion et de la prise en compte institutionnelle de ce moyen de transport.

### 2.1.1 Vélocipède (draisienne) 1818

Le vélo a été inventé au XIXe siècle en Europe occidentale grâce à la conjonction de plusieurs contextes : évolution de la technologie, développement d'un artisanat et d'une petite industrie, idées des lumières, croissance démographique et urbaine, pénurie de chevaux. Cette dernière serait à l'origine de l'invention du vélo (Hamer, 2005) : en avril 1815, l'explosion du Volcan Tambora sur l'île de Sumbawa (actuellement en Indonésie) a obscurci le rayonnement solaire et entraîné des étés glacés ; 1816 fut l'été le plus froid jamais enregistré en Europe, ce qui entraîna une famine et une augmentation des cours des grains (Oppenheimer, 2003). Les chevaux furent tués pour être mangés.




Draisienne 1818. Musée des sciences de Tokyo, 08/2006. Photo Francis Papon

C'est peut-être ce qui a amené en 1817 le Baron Karl Drais von Sauerbronn de Mannheim dans le duché de Bade à concevoir un nouveau véhicule en bois, avec deux roues alignées reliées par un cadre, dirigées par un guidon permettant de faire pivoter la

roue avant, et propulsé par les pieds poussant sur le sol, qu'il appela *Laufmaschine* (littéralement : machine à courir). Il réalisa le 12 juin 1817 le premier déplacement à vélo en couvrant les 14,4 km de Mannheim à Schwetzinger Relaishaus aller-retour en une heure (Malgras-Serra, 2006). En janvier 1818, il fit déposer à Paris un brevet pour son invention traduite en français par *vélocipède*, première apparition de ce mot (Robin, 2008, 2011). Il est formé à partir des racines latines *velocis* (rapide) et *pedis* (pied). Les attestations antérieures d'inventions similaires sont des supercheries (Kobayashi, 1993). Le mot *vélocipède* fut souvent remplacé en France par le mot *draisienne* (du nom de son inventeur) pour désigner cette invention, dont la diffusion est restée confidentielle pendant plus de quarante ans.

### 2.1.2 Vélocipède (à pédales) 1864 ; véloce, vélo 1869



Vélocipède de Michaux Père et Cie, vers 1869.
Musée de Bar-le-Duc (Meuse), 02/05/2009. Photo Francis Papon.

En 1861 environ, Pierre Michaux, forgeron originaire de Bar-le-Duc (Meuse), et son fils Ernest, installés à Paris, 5-7 Cité Godot-de-Mauroy (rebaptisée rue du Boccador), donnant sur l'actuelle avenue Montaigne, eurent l'idée de fixer des pédales sur la roue avant d'une draisienne amenée en réparation. Mais la première attestation écrite du vélocipède pour le véhicule à pédales date de 1864 (dans le cahier de Jules Olivier ; Reynaud, 2008, p. 12). Le vélocipède de Michaux était en fer massif, avec des roues en bois cerclés de fer. Mais ce furent les fils de Jules Olivier[2], Marius, Aimé, et René, qui, les premiers, développèrent une industrie du vélocipède, à Paris, à la fin des années 1860, dans la société *Michaux et Cie* où ils étaient majoritaires (Robin, 2009). En 1869 paraissent les journaux *Le vélocipède* et surtout *Le vélocipède illustré* (jusqu'en 1872). Par la suite, le mot *vélocipède* désignera l'invention des Michaux. Il fut rapidement abrégé par apocope en *véloce* (1868) puis *vélo* (1869). Après la chute du Second Empire, l'industrie du vélocipède périclita en France, mais se développa en Grande-Bretagne.

[2] Industriel lyonnais de la chimie, qui se porta caution en 1869 après la dissolution de *Michaux et Cie* et le rachat des droits par les frères Olivier pour fonder la *Compagnie Parisienne des Vélocipèdes*, et perdit beaucoup de fonds lors de sa liquidation judiciaire en 1874.

Le mot *vélocipède* restera très longtemps le mot utilisé par l'administration française : le 22 février 1896 une circulaire des ministres de l'intérieur et des travaux publics décrit *un projet d'arrêté préfectoral portant réglementation de la circulation des vélocipèdes sur les voies publiques* (Orselli, 2009, t1, p.128). L*'impôt sur les vélocipèdes* fut mis en place de 1893 à 1959. Les recensements de la circulation de 1903 à 1926 comptaient les *vélocipèdes* (Barles *et al.*, 2004).

A l'étranger, le mot *vélocipède* a été repris par de nombreuses langues, mais il est resté d'un usage courant seulement en russe (велосипед *velosiped* 1875) et dans les langues de l'Ex-URSS. Cependant, le terme néerlandais *Fiets* (1886) pour *vélo* pourrait être dérivé de *vélocipède* (Robin, 2008). L'allemand reprit le mot (*das) Velo*, mais ce mot n'est resté qu'en dialecte suisse alémanique, l'allemand standard ayant éliminé beaucoup de mots d'origine étrangère à la fin du XIXe siècle, et a remplacé le mot par (*das) Fahrrad* (littéralement : roue pour se déplacer), en abrégé *(das) Rad*.

### 2.1.3 Tricycle, bicycle 1868, cycle 1870

Le suffixe *–cycle,* du grec κύκλος *kuklos* (cercle), dans le sens de roue est attesté dès 1828 pour une voiture à Paris, l'*Omnibus tricycle*, conçue avec trois roues pour échapper à une taxe sur les voitures à quatre roues, à laquelle elle n'échappa d'ailleurs pas ; ce qui fait qu'elle fut finalement construite avec quatre roues (Robin, 2008). Le substantif *tricycle* est utilisé en 1868 (en français puis en anglais) pour désigner un vélocipède à trois roues. Il y aura d'ailleurs une grande variété de tricycles (à deux traces ou trois traces).




Tricycle à deux traces, 1878. Musée de Trois-Fontaines-l'Abbaye (Marne) 3/05/2009 Photo Francis Papon

Par analogie, la même année, le mot *bicycle* fut employé en français, et rapidement emprunté par l'anglais, pour désigner un vélocipède à deux roues. Par la suite, pour permettre une plus grande vitesse des vélocipédistes, la dimension de la roue avant fut augmentée, jusqu'à des dimensions impressionnantes (jusqu'à 1,50 m de diamètre), rendant l'engin acrobatique. C'est pourquoi des tricycles et des quadricycles plus stables furent parallèlement développés. En 1870, James Starley installa des roues avec des rayons en acier tendu, ce qui allégea le véhicule (Bartleet, 1932). Le grand bicycle des

années 1870 fut appelé *grand bi*. En anglais, on le connaît sous les noms de *high bicycle, high wheeler,* ou *penny farthing.*

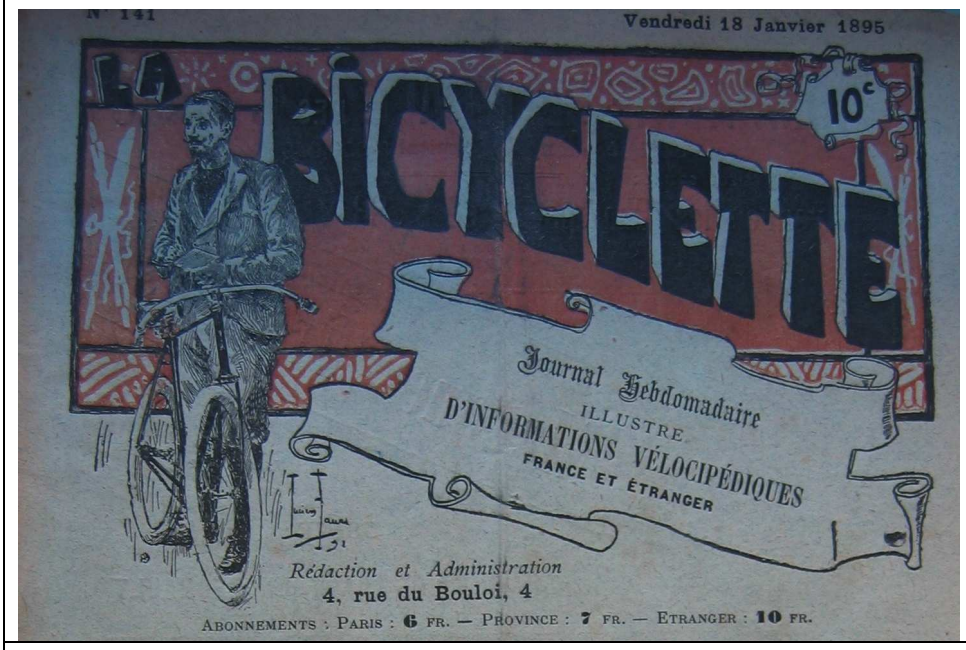
Le mot générique *cycle* est utilisé, en français et en anglais, dès 1870 pour désigner tous ces véhicules à propulsion musculaire. En anglais, le mot a été étendu aux motocycles, et les cycles à propulsion musculaire s'appellent *pedal cycle*. Des mots dérivés de *cycle* sont aussi utilisés dans les langues scandinaves et indiennes pour désigner le vélo. *Bicycle* est resté le terme anglais pour *vélo*, et son abrégé en anglais américain *bike* est apparu en 1882 (Harper, 2012)[3].

### 2.1.4 Bicyclette 1886

Différentes inventions furent proposées, notamment en Grande-Bretagne, pour découpler le mouvement des pédales de celui de la roue, et permettre des roues plus petites. En 1879, Henri Lawson inventa la transmission par chaîne, et le *safety bicycle* de Rover s'imposa en 1884 (Perry, 1995, p.33). *Rower* est devenu le mot polonais pour *vélo*. Différents constructeurs proposèrent ce genre de véhicules, et Rudge créa la marque *The Bicyclette*, connu en France en 1886 comme *le bicyclette*, rapidement changé en *la bicyclette*, qui désignera dorénavant en France les vélos à deux roues de même diamètre équipés d'une chaîne (Robin, 2008).

Grâce à la plus grande vitesse et facilité d'usage de la bicyclette, sa production se développa rapidement (voir §5.2.4). Mais c'est l'invention du pneumatique à chambre à air par John Boyd Dunlop en 1888, dont Édouard et André Michelin déposeront un brevet en démontable en 1891, qui, en assurant le confort, permit vraiment le développement de la bicyclette comme moyen de transport.

D'ailleurs, dans les années 1890, paraissent un grand nombre de titres de presse, parmi lesquels : 1885 *Le Véloce-Sport*, 1887 *Le Cycliste,* 1890 reparution du *Vélocipède illustré*, 1891 *Le Cycle*, 1892 *La Bicyclette* (qui eut le plus gros tirage à 20 000 exemplaires) ; et les deux quotidiens : 1892 *Le Vélo* (ce qui fut le véritable démarrage de l'usage de ce mot), 1900 *L'Auto-Vélo* (devenu *L'Auto* puis *l'Équipe*) (Orselli, 2009, t1, p.122).




Couverture du journal *La bicyclette* 1895. Photo Francis Robin

[3] L'objet est déjà d'usage si courant ou connu aux USA dès 1885, que la célèbre marque de jeux de cartes *bicycle* est fondée; http://www.bicyclecards.com/about/bicycle-cards consulté 10 mai 2012

D’autres perfectionnements amélioreront le véhicule : le cadre rigide à structure triangulaire, le dérailleur, la roue libre.

Le mot *bicyclette* a progressivement remplacé le mot *vélocipède* dans le vocabulaire administratif, à partir de 1934 dans le recensement de la circulation (Barles *et al.,* 2004, tableau 10). En 1922, le Touring–Club de France organisait un concours de *bicyclettes à moteur* (limitées à 125 cm3, *Revue du TCF* N° 336 de juillet 1922). Le décret du 27 septembre 1925 modifiant le décret du 31 décembre 1922 définit les *bicyclettes à moteur auxiliaire* (BMA), limitées à 30 km/h, et à 30 kg, équipées de pédales, assujetties à l’*impôt sur les vélocipèdes* (décret du 21 décembre 1926), et distinctes des *motocyclettes*.

Le mot *bicyclette* a également été emprunté par le portugais (*bicicleta* 1890), l’italien (*bicicletta* 1894), le turc (*bisiklet* 1898), et l’espagnol (*bicicleta* 1899) (Robin, 2011).

### 2.1.5 Cycle 1898

Au XXe siècle, l’administration a pris l’habitude de désigner les objets non plus par leur nom précis, mais par des noms de catégorie. Ainsi le *code de la route* depuis sa création en 1921 parle de *cycle* (chapitre 5 : « dispositions applicables aux cycles »), qui à l’époque peuvent être pourvus d’un moteur mécanique. En 2012, le *code de la route* utilise le mot *cycle* dans 32 articles, le mot *bicyclette* dans un seul article R432-7 (pour la dérogation pour le personnel à l’interdiction de circuler sur les autoroutes et routes express), et jamais ni *vélocipède* ni *vélo*.

L’article R311-1 définit ainsi les *cycles* et *cycles à pédalage assisté* :

« 6. 10. Cycle : véhicule ayant au moins deux roues et propulsé exclusivement par l'énergie musculaire des personnes se trouvant sur ce véhicule, notamment à l'aide de pédales ou de manivelles ; »

« 6. 11. Cycle à pédalage assisté : cycle équipé d'un moteur auxiliaire électrique d'une puissance nominale continue maximale de 0,25 kilowatt, dont l'alimentation est réduite progressivement et finalement interrompue lorsque le véhicule atteint une vitesse de 25 km / h, ou plus tôt si le cycliste arrête de pédaler. »

Le premier *Salon du cycle* eut lieu en 1894 à Paris (Orselli, 2009, t1, p.123). Dans l’*Ordonnance* Générale du préfet de police de 1897 le terme *cycliste* remplace *vélocipédiste* utilisé l’année précédente (Orselli, 2009, t1, p.178). Les appellations successives de la chambre professionnelle (CNPC, 2012) montre bien aussi cette évolution du vocabulaire, avec l’apparition de *cycle* en 1898 :

1890 : Chambre Syndicale des Fabricants Français de Bicycles et Tricycles et des Industries qui s'y rattachent

1892 : Chambre Syndicale de l'industrie Vélocipédique

1895 : Chambre Syndicale de l'industrie Vélocipédique de la locomotion automobile et des industries qui s'y rattachent

1898 : Chambre Syndicale du Cycle et de l'Automobile

1932 : Chambre Syndicale Nationale du Cycle et du Motocycle

1946 : Chambre Syndicale Nationale du Cycle

1992 : Conseil National des Professions du Cycle

2003 : Tous à Vélo - Conseil National des Professions du Cycle

Le détachement de l'automobile en 1932 et du motocycle en 1946 montre bien aussi l'importance prise par ces industries par rapport à celle du cycle.

### 2.1.6 Deux-roues 1960

Effectivement, le développement de la motorisation des ménages après la Seconde Guerre mondiale en France va d'abord rapidement augmenter le nombre de motocycles. Le terme cycle ne désignant plus que les véhicules à propulsion musculaire, le mot *deux-roues* va apparaître vers 1960 (Rey, 1992) pour englober les cycles et motocycles.

À cette époque, l'avenir était tourné vers la motorisation. L'article 48 du décret du 5 juin 1943 abolit les *bicyclettes à moteur auxiliaire* et distingue plusieurs catégories de motocycles (qui ont changé au cours du temps) : *cyclomoteurs* (moins de 50 cm3), *vélomoteurs* (50 à 125 cm3), devenus en 1980 *motocyclettes légères*, *motocyclettes* (plus de 125 cm3). Les *deux-roues légers* regroupent les bicyclettes et les cyclomoteurs. La France est devenue le premier producteur mondial de cyclomoteurs en 1954 (1,2 millions en 1972, Averous, 1975). Les statistiques de circulation en France ne distinguaient pas les bicyclettes de l'ensemble des deux-roues, ce qui fait qu'on ne connaît à l'époque que leur production. Frédéric Héran (2012, p.20) note que les deux-roues motorisés étaient majoritaires parmi les deux-roues dans les années 1970.

Le vélo n'était plus considéré que comme un loisir. En fait, son absence dans les statistiques est la conséquence du désintérêt à l'époque pour ce mode de transport. Aujourd'hui, le terme *deux-roues* est souvent compris comme *deux-roues motorisé*.

### 2.1.7 Modes doux 1996

La bicyclette n'est distinguée comme mode dans les enquêtes sur les déplacements que depuis 1976, mais les publications l'ont amalgamée avec les deux-roues motorisés dans les résultats jusque vers 1997. Avant, il n'apparaissait pas sérieux de s'intéresser au vélo dans les études et la recherche. Lorsque les rédacteurs des plans de transport ou des programmes scientifiques ont commencé à s'y intéresser, ils ont continué à éprouver le besoin de mettre le vélo dans des catégories plus larges.

Ainsi, en Allemagne, Konrad Otto–Zimmermann a créé en 1986 le terme *Umweltverbund* (alliance environnementale) pour désigner les modes alternatifs à la voiture particulière et au deux-roues motorisé : modes non motorisés, transports en commun, mais aussi voiture partagée. Ce concept fut traduit en français par *écomobilité* par l'urbaniste suisse Lydia Bonanomi (1990).

Aux États-Unis, on utilise l'expression *non motorized*, traduite par *non motorisé* dans le programme national 1996-2000 du Prédit II (Programme de REcherche et de Développement pour l'Innovation et la Technologie dans les transports terrestres), Axe 7 : "Déplacements non motorisés et usages non privatifs du véhicule individuel" dans le cadre du Groupe Thématique n°1. Mais c'est une expression un peu négative, faisant penser qu'il manque quelque chose à ces modes de transport.

Une autre expression aux contours flous est apparue après 1996 en France : *modes doux*, popularisée notamment avec le développement des *plans de déplacements urbains* (PDU), orientés par la *loi* n° 96-1236 du 30 décembre 1996 *sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie* (Laure), vers « le développement des transports collectifs et des moyens de déplacement économes et les moins polluants, notamment l'usage de la bicyclette et la marche à pied ». L'expression *modes doux* a été introduite en référence à cette citation de la loi.

On ne sait pas trop si cette expression se limite aux modes non motorisés, ou si elle englobe aussi d'autres modes alternatifs à la voiture. Souvent, elle est utilisée pour ne pas écrire le mot *vélo*.

### 2.1.8 Modes actifs 2005

La notion de *mode actif* est d'origine anglo-saxonne. Elle est mise en avant, aux États-Unis et au Canada, avec notamment Bikewalk et sa *newsletter centerlines* depuis 2000, puis par la fondation Sustrans (fondée en 1977) au Royaume-Uni qui a développé *Active Travel* (première *newsletter* en 2004). Les plus anciennes références en français datent de 2005 au Québec. En 2007, au congrès du Club des Villes et Territoires Cyclables, l'expression a été introduite en France. L'étude « *Vélo en Mode Actif* » du groupe Chronos est parue en 2008 (Rieg). Cette expression marque mieux, et positivement, la spécificité de la marche et du vélo d'être mus par la force musculaire. Son usage s'est répandu dans l'administration, mais n'a pas complètement éliminé *mode doux*.

### 2.1.9 *Monsieur Vélo* 2006

« *Vélo* et *véloce* sont apparus avec le sens de véhicule dans le Supplément 2 du *Grand Dictionnaire Universel Larousse*, publié en 1890 dix ans après le Supplément 1, avec cette définition : « abréviations et synonymes de vélocipède ». Mais, [contrairement à *bicyclette*, *bicycle* et *vélocipède*], *vélo* n'est pas cité dans la 8e édition (1935) du *Dictionnaire de l'Académie française*, l'institution qui fixe l'usage de la langue. Sera-t-il introduit dans la 9e édition, dont la mise à jour en est à la lettre « p » et qui ajoutera près de 25 000 mots nouveaux aux 45 000 existants ? » (Robin, 2011)

Le mot *vélo* n'était pratiquement pas utilisé dans le vocabulaire officiel en France. Comme on l'a vu, on lui a préféré *vélocipède*, puis *bicyclette* et *cycle*. Il est apparu dans des textes concernant le sport, notamment le *vélo tout terrain* (VTT)[4], par exemple dans le Décret no 91-1175 du 13 novembre 1991 portant application de la loi du 21 juillet 1983 relative à la sécurité des consommateurs en ce qui concerne certains objets.

Dans l'Enquête nationale sur les transports et communications de 1993-1994, parmi les moyens de transport on trouvait *bicyclette*, et parmi les véhicules du ménage on comptait les *bicyclettes et VTT d'adulte*. Dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008, la *bicyclette* était toujours un moyen de transport, mais seulement un moyen de transport ; parmi les véhicules du ménage, ce sont les *vélos* qui sont décrits.

Dans les recherches sur les transports, en 1992, Adav & Airab titraient leur étude « *Lillàvélo* », mais sous-titraient « Sociologie de la bicyclette à Lille » et utilisaient toujours *bicyclette* dans les titres des chapitres (mais *vélo* dans le texte). Moi-même, j'utilisais le mot *bicyclette* dans mes titres d'article en 1997, et *vélo* à partir de 2002. En 2003, le Conseil National des Professions du Cycle est préfixé par *Tous à Vélo*.

En 1994, sous la pression des associations, le gouvernement crée un poste de *chargé de mission « vélo »* au Ministère de l'environnement, et des *correspondants vélo* au Cetur et dans les Cété (Huré, 2009, p.231). En 1995, Hubert Peigné préside le « comité de suivi du vélo ».

En 2006 est paru le Décret n° 2006-444 du 14 avril 2006 instituant un coordonnateur interministériel pour le développement de l'usage du vélo (pourvu par Hubert Peigné). Par la suite, le nombre de textes législatifs et réglementaires comprenant le mot *vélo* a considérablement augmenté : 11 en 2007, 18 en 2008, 10 en 2009, 18 en 2010, 15 en 2011[5]. En 2012 ont eu lieu les *premières rencontres nationales du vélo* où a été présenté le *plan national vélo* (Goujon, 2012).

---

[4] Le mot *vélo tout terrain* ou *VTT* a été publié au *Journal officiel* du 22/09/2000 par la *Commission générale de terminologie et de néologie.*

[5] Le mot *véloroute* a été publié au *Journal officiel* du 09/06/2011 par la *Commission générale de terminologie et de néologie.* Elle n'a pas publié le mot *vélo* ni les expressions *deux-roues* ou *modes doux.*

Finalement, le mot *vélo*, qui existe depuis 1869, est resté pendant tout le XXe siècle cantonné au vocabulaire du sport et de l'usage courant, mais n'est devenu un mot officiellement admissible qu'au début du XXIe siècle.

### 2.1.10 Créativité cyclonymique

Dans les années 2000, l'explosion des associations de cyclistes, et des services proposés aux cyclistes, notamment des systèmes de vélos en libre service (VLS), a donné lieu à une grande inventivité dans la création de dénominations sociales et commerciales liées au vélo. En voici quelques exemples (notamment Gart, 2009 ; Fub, 2012).

Associations : Agglovichyclette (Vichy), Avélo (Rouen), Bourgeons (Annemasse), Bretz'selle (Strasbourg), Collectif Cyclomotivé (Tarbes), Cyclopède (Montluçon), ParisVelocipedia (Paris), Provélo (Bagnolet), Vellovaque (Beauvais), Vélocita (Ajaccio), Vélo-Cité 15 (Aurillac), Vélo–Cité Bordeaux, Vélomotive (Vannes), Vél'Orient (Lorient), Vélorution Cherbourg, Véloxygène Amiens, Villavélo (Champigny-sur-Marne)

Location de vélos : Cap'Vélo (Poitiers), Moovicity (Clermont-Ferrand)

Vélostations : Métrovélo (Grenoble), Vélo gare (Angers), Vélopôle (Lille)

VLS : Bicing (Barcelone 2008), Citybike (Vienne 2003), Cyclocity (Bruxelles 2006), Sevici (Séville 2007), Vélib' (Paris 2007), Vélo+ (Orléans 2007), Vélo'v (Lyon 2005), Velodi (Dijon 2008), Vélomagg (Montpellier 2007), Yélo (La Rochelle).

Cette pléthore de dénominations publiques ne cacherait-elle pas le peu de considération accordé au vélo dans les politiques publiques ?

## 2.2 Le vélo : une curiosité pour toutes les sciences

Le vélo a intéressé depuis toujours des spécialistes de diverses disciplines scientifiques. Il n'est pas question ici de faire une étude exhaustive du vélo sous ses différents angles disciplinaires, ni même de proposer un état de l'art et une bibliographie complète : ce serait l'objet d'autant de recherches qu'il y a de disciplines. Il s'agit simplement de donner un aperçu de quelques questions qui ont plus particulièrement retenu mon attention parmi celles qui ont été traitées.

### 2.2.1 Le vélo du physicien

Dès le début, le vélo est une invention mécanique, et a fait l'objet dans le dernier tiers du XIXe siècle du dépôt de nombreux brevets (Ramunni, 2008).

Mais ce qui intrigue immédiatement le physicien dans le vélo, c'est son équilibre. En effet, avec deux points de sustentation, il ne peut pas être en équilibre statique stable, ce qui explique sans doute qu'il a fallu si longtemps après l'invention de la roue pour le découvrir. Dans les premiers véhicules, les roues étaient couplées par deux et reliées par un essieu pour porter le char à deux roues. La brouette est en France également à l'origine (1329) un véhicule à deux brancards tiré par un homme, à deux roues, comme l'étymologie de son nom l'indique (CNRTL, 2012) : vieux français *beroue* du bas latin *birota* deux roues — qui est aussi la traduction du français *vélo* en latin moderne. Quant à la brouette à une roue poussée par l'homme, elle aurait été inventée en Chine au début de notre ère. Si son équilibre statique est obtenu par des pieds, son équilibre dynamique est assuré par celui qui la pousse.

Le vélo doit aussi reposer sur une béquille pour être en équilibre statique à l'arrêt. Mais lorsqu'il est en mouvement, son équilibre semble mystérieux. Son équilibre longitudinal

est garanti par la présence de deux roues dans cet axe, et le vélo ne peut basculer vers l'avant que si une décélération trop importante est appliquée (*stoppie*), ou vers l'arrière que si une accélération trop importante est appliquée (*wheelie*). Même à vitesse relativement faible (moins de 10 km/h), un blocage de la roue avant entraîne le basculement du cycliste par dessus le guidon.

L'équilibre latéral est une autre affaire, et est assez complexe à décrire. Comme le résume Jacques Bois (2009), il repose sur quatre éléments : la direction, la force de frottement latérale sur la roue avant, la composante latérale de la force de traction vers l'avant, et la vitesse. La résultante des forces tend à faire tourner le vélo qui décrit de grandes courbes : même si, à certaines vitesses, le vélo peut se maintenir tout seul en équilibre, c'est en général la correction de trajectoire appliquée par le cycliste qui lui permet de conserver le cap. Il est impossible de rouler en suivant rigoureusement une ligne tracée sur le sol, ou par exemple sur un rail de chemin de fer. La direction est un élément–clé de l'invention du vélo : sans elle un vélo ne peut tenir en équilibre. Une autre conséquence est que si la force de frottement latérale sur la roue avant fait défaut, soit faute de friction (verglas), soit dans un virage trop serré, la chute est inévitable.

Un paramètre important dans la stabilité de la direction et la maniabilité du vélo est la chasse, distance entre la projection au sol de l'axe de la roue avant et le prolongement de l'axe de direction sur le sol, qui, en étant positive, permet à la roue avant de revenir toute seule dans le plan du vélo. Mais ce n'est pas elle qui assure l'équilibre du vélo entier.

L'effet gyroscopique des roues, qui est une réaction perpendiculaire au plan des roues, et qui joue un rôle dans la stabilité des deux-roues motorisés à vitesse élevée, est tout à fait marginal pour le vélo.

Pour plus de détails sur la dynamique d'une bicyclette, on pourra lire *Bicycling Science* (Whitt & Wilson, 1982) ou l'article de Wikipedia[6] et ses références.

Un autre aspect important concerne l'étude de la consommation d'énergie du cycliste. Jean-Pierre Mariot (1984) analyse la mécanique de la bicyclette en tenant compte des forces de frottements des pneus sur le sol, de la traînée aérodynamique de l'air, de la pente de la route, et du vent. Si le vélo est le mode de locomotion terrestre le plus efficace en énergie dépensée par kilomètre parcouru (Illich, 1973, ch. 8 ; voir aussi mon calcul §2.3.2), la gestion de la consommation d'énergie est déterminante dans le sport cycliste. C'est aussi grâce à cette consommation d'énergie que le vélo est intéressant pour la santé.

### 2.2.2 Le vélo du médecin

De nombreuses études (dont Emo, 2004) ont montré que l'exercice physique, et en particulier la pratique du vélo, est bénéfique pour la santé.

Le docteur P. Bouvier (1992) cite les effets bénéfiques suivants :

- développement de la force et de la résistance des muscles ;
- développement des muscles respiratoires, bénéfique pour l'asthme, la bronchite ;
- protection contre la maladie coronarienne : changement du profil des graisses dans le sang (augmentation du rapport HDL/LDL), diminution de la tension artérielle, diminution de l'obésité ;
- diminution du risque d'obésité, associée aux risques de maladies cardio-vasculaires, hypertension, diabète (type 2), arthrose, bronchite, complications opératoires, traitement des obésités modérées ;

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle_and_motorcycle_dynamics consulté 10 avril 2012

- diminution du risque d'ostéoporose (cause de fractures) ;
- amélioration de la tolérance au glucose ; contrôle du diabète ;
- facilitation de l'accouchement pour les femmes ;
- action favorable sur la dépression, augmentation de la confiance et de l'estime de soi, effet bénéfique sur l'anxiété, diminution du stress mental.

Au Royaume-Uni aussi, le *British Medical Association* (1992) a publié un examen approfondi des risques et bénéfices du vélo en matière de santé. Bien que le rapport fût issu de la préoccupation des médecins vis-à-vis des risques de décès ou de blessures, la préparation du document trouva d'importantes preuves des bénéfices pour la santé des cyclistes réguliers. Notamment, un accroissement de la pratique du vélo est particulièrement bénéfique pour la réduction de la maladie coronarienne, de l'obésité, de l'hypertension ainsi que pour la forme physique générale. Le rapport contient aussi une estimation du nombre d'années de vie perdues dans les accidents de vélo comparées au nombre d'années de vie gagnées par une meilleure santé. Il conclut que même dans l'environnement hostile de la circulation d'alors, les bénéfices d'une pratique régulière du vélo dépassent les pertes de vie par accident de la circulation dans un facteur de vingt contre un.

De nombreuses autres études ont abondé dans le même sens, notamment au Danemark Thomas Krag dès 1989 (Carré, 1995). Vingt ans plus tard en France le constat est le même. Le rapport du professeur Jean-François Toussaint (2008) rappelle les enjeux de l'encouragement de la mobilité active (marche et vélo) et son impact sur la santé en soulignant l'augmentation de l'obésité et de la sédentarité dans les deux derniers siècles : seulement 45% des Français pratiquent une activité physique ou sportive à un niveau qui entraîne des bénéfices pour la santé. Élisabeth Piot André (2010) s'interroge dans sa thèse de médecine sur les moyens à mettre en œuvre pour obtenir une augmentation de l'activité physique des patients. Même si de nombreux médecins en sont convaincus, il reste à prendre en compte le vélo dans la politique de santé publique.

### 2.2.3 Le vélo du statisticien

Les études médicales reposent sur de nombreuses statistiques, notamment d'accidents. Les épidémiologistes étudient d'ailleurs l'incidence des accidents et de leurs dommages comme une maladie. Ils notent que les données issues des forces de l'ordre sous-estiment les blessés à vélo, si on les compare avec les données hospitalières (Amoros *et al.*, 2008).

Mais le statisticien du vélo ne s'intéresse pas qu'aux accidents : outre l'équipement en vélos, il cherche aussi à mesurer la mobilité à vélo, soit en nombre de déplacements, en part modale, en distance parcourue ou en temps passé.

Ainsi, par exemple, les Américains se sont de nouveau intéressés aux déplacements domicile–travail à vélo dans les années 1990 (Moritz, 1997). John Pucher qui s'interrogeait en 1999 sur la renaissance du vélo en Amérique du Nord, a procédé en 2011 à une mise à jour des statistiques issues notamment des enquêtes nationales sur les transports auprès des ménages. Les déplacements à vélo aux États-Unis sont passés de 1 272 millions en 1977 (0,6% de tous les déplacements) à 4 081 millions en 2009 (1,0% de tous les déplacements)[7]. L'évolution est positive, mais lente, et le niveau du vélo reste bas.

Au contraire, le vélo est à un niveau élevé aux Pays-Bas : 26% de tous les déplacements en 2007 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009) ; et les statistiques

[7] Soit un facteur 3,2 en 32 ans.

y sont disponibles de longue date. Ainsi, le vélo représentait de 75 à 90% de tous les déplacements hors marche dans quelques villes néerlandaises dans les années 1930 et 1940. Il a ensuite chuté dans les années 1950 et 1960, mais dès 1970, à partir d'un étiage de 10 à 30% selon les villes, il a commencé à se redresser.

Nous verrons au §5.2 mes propres résultats sur la France.

Des statistiques peuvent être mobilisées pour bien d'autres aspects liés au vélo, par exemple pour les données économiques.

### 2.2.4 Le vélo de l'économiste

L'économiste cherche à évaluer le rôle du vélo dans l'économie. Ainsi, il estime le marché des cycles (1 620 millions de livres sterling au Royaume-Uni, Grous, 2011 ; 897 millions d'euros en France, Dumont *et al.*, 2009), des accessoires (853 millions de livres sterling au Royaume-Uni, 535 millions d'euros en France), les emplois directs (23 000 au Royaume-Uni), mais aussi l'industrie du cycle, le BTP, le chiffre d'affaires généré pour le tourisme (1 949 millions d'euros en France), les services, les événements et les fédérations de cyclistes.

Mais l'économiste évalue aussi les effets indirects : les économies de dépenses de santé (5,6 milliards d'euros en France[8]). Après une revue très complète, J. A. Genter *et al.* (2008) évaluent les avantages pour la santé en Nouvelle-Zélande à 0,92 euro par kilomètre parcouru à vélo[9]. On considère aussi l'effet du vélo sur les accidents, la pollution.

Frédéric Héran (2000) a également traité les effets externes négligés, notamment les coupures urbaines, qui, en allongeant les parcours ou en les rendant plus dangereux ou pénibles, affectent particulièrement les cyclistes.

### 2.2.5 Le vélo du sociologue

La pratique du vélo comme comportement social intéresse plus particulièrement le sociologue. Dès 1900, Eduard Bertz fait une étude sociologique autour de l´engouement que le vélo – moyen de locomotion individuel, fabriqué industriellement – a produit auprès de la population. En particulier, il montre le rôle qu'il a joué dans l'émancipation de la femme.

Dans les années 1970, B. Averous *et al.* (1977) se sont penchés sur les représentations et pratiques du vélo dans différents groupes socio–culturels : les ouvriers, pour qui le vélo n'est pas considéré comme un moyen de transport ; les employés, qui pratiquent le vélo comme un loisir, mais peu pour aller au travail pour des questions de standing et de sécurité routière ; les cadres pour une minorité desquels le vélo est « une manière de vivre ». On voit poindre ici l'essor du vélo déplacement des *bobos*. Les auteurs proposent ensuite une analyse psycho-sociale du déplacement, et étudient les publicités concernant les deux-roues où c'est l'aspect sportif du vélo qui est mis en avant.

En 1992, les bureaux d'étude Adav & Airab, cherchant l'origine culturelle de la pratique ou de la non–pratique du vélo à Lille, formulaient l'hypothèse « Les individus qui se déplacent à vélo ont reçu une "socialisation vélocipédique" ». Les cyclistes auraient acquis leurs habitudes de leurs parents ou de groupes auxquels ils s'identifient.

Dans les années 2000, les mentalités ont évolué, un peu. Le vélo est devenu une « innovation à diffuser » (Rocci, 2003). « Le vélo commencerait à monter dans le système de valeurs des individus » (Rocci, 2007U, p.43). Toutefois, s'il est devenu un

[8] Selon des méthodes de calcul utilisées par l'OMS et les pays européens en matière d'insécurité routière.

[9] Calculé en pondérant les avantages de différentes catégories de population établies selon leur niveau d'activitré physique.

moyen de transport, pour beaucoup de non cyclistes il est « moins souvent perçu comme une alternative envisageable » (Rocci, 2007U, p.84), à cause de ses nombreux freins : « tenue vestimentaire exigée », « pollution », « vol », « danger de la circulation et manque d'infrastructures », « dissuasion par l'entourage ». Mais pour les usagers, les « contraintes du vélo sont compensées par le plaisir et la liberté de mouvement » (Rocci, 2007U, p.91). La « sensation de liberté est amplifiée par la fin d'une période de captivité des transports en commun ». La « rapidité » offre une « liberté d'action ». Et le « plaisir à se déplacer » débouche sur une « meilleure qualité de vie ». On accepte, ou l'on dépasse l'image que l'on donne à voir de soi, ou les inconvénients comme la météo, la distance, la difficulté à se déplacer à plusieurs, le risque de vol et les « dangers de la jungle urbaine ». De plus, « le vélo recréerait du lien social. Les cyclistes dégageraient sympathie et convivialité » (Rocci, 2007U, p.102), ce qui est particulièrement vrai avec les nouveaux services de vélos en libre service. Mais le vélo pourrait être aussi un choix économique.

Une autre étude (Rieg, 2008) a pour sa part pointé un usage systémique, éthique, ludique, économique, et pratique du vélo quotidien en ville pour expliquer sa renaissance et ses « modes actifs », c'est-à-dire « un vélo devenu massivement utilitaire et qui s'éloigne de son acception dominante (vélo détente, vélo week-end et vélo sportif) ». Pour le développer, il faut intégrer le vélo dans le système de déplacement, et « apaiser la coexistence des modes » en adaptant l'offre au territoire. Il faut trouver des logiques de financement du stationnement et des services pour le vélo.

Au Royaume-Uni, l'équipe de Colin Pooley (2011) a étudié également les attitudes envers le vélo, les facteurs d'environnement physiques (sécurité routière) et familiaux (accompagnement des enfants) influençant sa pratique, et les perceptions de la normalité (aller à vélo n'est pas un comportement tout à fait normal).

### 2.2.6 Le vélo du psychologue

Les cyclistes seraient-ils des psychopathes ? « *Psychopaths on cycle paths* » titrait Wayne Duerden (1999), qui a procédé à une enquête auprès des nouveaux propriétaires de bicyclettes pour étudier leur changement de choix de mode de transport.

Louise Eriksson (2009) a réalisé une revue de littérature de la perspective psychologique sur les facteurs importants pour l'usage du vélo. Selon les études, l'état de santé et l'appréciation de l'activité vélo sont d'importantes motivations pour faire du vélo, tandis que le mauvais temps, de trop longues distances et une sécurité médiocre, sont des barrières subjectives importantes. Globalement, les facteurs psychologiques, comme les attitudes, la maîtrise perçue du comportement, et la perception de l'environnement social ont été identifiés comme des éléments importants pour l'usage du vélo. Cependant, la relation entre le vélo et les facteurs socio-démographiques est ambiguë. Par exemple, le genre explique l'usage du vélo aux États-Unis mais pas dans plusieurs pays d'Europe. En ce qui concerne le contexte physique, la majorité des études ont montré que des facteurs comme la météo, le relief, et les aménagements cyclables sont corrélés à l'usage du vélo.

Une des difficultés à laquelle les cyclistes sont confrontés est de trouver un itinéraire adéquat, ce qui est plus compliqué que pour les automobilistes ou les usagers des transports publics qui disposent de signalétiques, de jalonnement, d'information en temps réel, de cartes, et de sites web leur permettant de trouver facilement leur itinéraire.

### 2.2.7 Le vélo de l'informaticien

Les outils cartographiques sont en effet en plein cours de développement pour le vélo. Une recherche récente (Abours & Soulas, 2011) fait le point sur les informations

spécifiques à l'attention des cyclistes, les calculateurs d'itinéraires cyclistes urbains, et les conditions de mise en œuvre et de développement.

Le premier calculateur d'itinéraires consacré au vélo en France, Géovélo, a fait l'objet d'une thèse en informatique (Sauvanet, 2011), et a été mis en œuvre sur l'agglomération de Tours grâce aux contributions d'une association pour les données de terrain. C'est un problème multi–objectifs : il n'y a pas qu'une seule solution, mais plusieurs solutions de compromis. De plus, la méthode permet de prendre en compte les préférences des utilisateurs. Les « critères et contraintes nécessitent de pouvoir résoudre le problème du plus court chemin multi–objectif dans lequel des coûts peuvent être associés sur les arcs mais également sur les nœuds ou sur des enchaînements d'arcs ». Le service a été étendu aux villes de Paris, Nantes, Rennes, et Lille.

La problématique de calcul du meilleur itinéraire à vélo est compliquée par le fait que le nombre d'attributs à prendre en compte est plus élevé que pour les autres modes (par exemple la pente, l'état de la chaussée ou l'intensité du trafic motorisé sont des critères importants), que le nombre d'arcs utilisables est plus élevé que pour les modes motorisés (le vélo peut circuler sur des sentiers, chemins forestiers, voies piétonnes et sur toutes les voiries hors autoroutes et voies rapides), et que la diversité des critères de choix parmi les cyclistes est plus grande (certains préfèrent aller le plus vite possible, d'autres préfèrent être le plus éloignés possible du trafic automobile).

### 2.2.8 Le vélo du géographe

La cartographie, qui demande de plus en plus des moyens informatiques, est un outil de la géographie. Une étude, sur huit sites en Île-de-France et en régions, plus ou moins centraux et d'habitat plus ou moins populaire (Louvet *et al.*, 2008), a cherché comment développer les usages du vélo en banlieue dense. Le volet sociologique de l'étude a montré que le vélo en banlieue jouit d'une « image largement positive », mais reste « très vulnérable ». L'analyse géographique montre des territoires très variés, et souvent marqués par les coupures urbaines. Pour développer le vélo, il faut adapter l'offre au contexte local. Le stationnement est une vraie priorité, au contraire des vélos en libre service, et des pistes cyclables, qui sont pourtant souvent discontinues. Mais « l'enjeu n'est pas d'avoir un tunnel vélo sur l'ensemble de son trajet mais d'avoir la même sécurité sur l'ensemble de son trajet ».

Des géographes se sont aussi intéressés aux infrastructures cyclables, dans le but d'attirer de nouveaux cyclistes (Kingham *et al.*, 2011) : les Néo-Zélandais recommandent de développer les aménagements cyclables, de créer des pistes séparées en traitant les intersections en détail, de tester toute une gamme d'aménagements dans le pays, de mettre en œuvre des dispositifs aux intersections comme des voies de tourne-à-gauche indirect ou des phases de feu dédiées, d'étendre les zones 30, d'améliorer la lisibilité des aménagements existants, d'étudier l'effet de la mise à disposition de véhicules par les entreprises, de prendre en compte les avantages pour la santé dans la planification des infrastructures.

### 2.2.9 Le vélo de l'ingénieur

D'ailleurs, le développement d'aménagements cyclables relève autant de l'art de l'ingénieur que d'une discipline scientifique. Alors que de meilleures pratiques sont disponibles dans d'autres pays, c'est souvent l'amateurisme qui prévaut en France.

Un article américain (Allen *et al.*, 1998) a effectué une revue détaillée des caractéristiques des vélos (dimensions, vitesse, etc.), pour permettre de procéder à une analyse opérationnelle des aménagements cyclables.

En transposant des méthodologies utilisées pour l'automobile, un autre article (Petritsch *et al.*, 2007) définit un *niveau de service vélo*, correspondant à la perception de la qualité

de l'aménagement par les cyclistes. Ce concept se rapproche de tous les travaux réalisés aux États-Unis sur la notion de *bikeability* (McNeil, 2011), c'est-à-dire l'adéquation de l'infrastructure à la pratique du vélo, ou de celle de *cyclabilité* que nous avons développée en France (Pottier *et al.*, 2009M2).

Il faut noter que les Américains évaluent avec beaucoup de rigueur leurs aménagements. Il y a de plus en plus de présentations au *Transport Research Board (TRB)* chaque année sur les aménagements cyclables. Par exemple, en 2011, deux présentations (Monsere *et al.*, Loskorn *et al.*) ont présenté l'évaluation des sas vélos (*bike boxes*).

En France, il y a les recommandations pour les aménagements cyclables du Certu (2000), mais elles n'ont aucun caractère contraignant et aucune évaluation n'en a été faite. Peu de travaux de l'ex–LCPC ont porté sur des infrastructures cyclables[10]. Les réalisations faites par les différentes collectivités territoriales sont d'un niveau de qualité très variable selon l'expérience des services techniques (Club des villes et territoires cyclables, 2012).

### 2.2.10 Le vélo de l'urbaniste

Si les infrastructures de transport sont évidemment essentielles pour l'usage des moyens de transport, la structure urbaine et la localisation des activités jouent un rôle crucial sur le choix du mode de transport. Ainsi, dans les zones peu denses, les distances à parcourir sont plus longues, et les opportunités d'utiliser le vélo sont moins élevées (Menke, 1984). De même, la spécialisation fonctionnelle du territoire par grandes zones à activité unique ne favorise pas l'usage des modes actifs. Récemment de plus en plus de travaux (par exemple Pucher & Buelher, 2010) se sont investis sur la question, notamment avec les questions liées à l'épidémie d'obésité, aux consommations d'énergie et aux émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, si les frontières entre l'urbanisme, l'aménagement, le génie civil, et la géographie ne sont pas toujours évidentes et que les problématiques de ces disciplines sont fortement liées, elles entretiennent aussi des relations avec toutes les autres disciplines.

Les règlements d'urbanisme ont également évolué au cours du temps, avec la prise en compte du stationnement vélo dans les nouvelles constructions : par exemple, la loi *portant engagement national pour l'environnement* du 12 juillet 2010 (Grenelle 2), prévoit à son article 57 l'ajout dans le code de la construction et de l'habitation aux articles L111-5-2 et L111-5-3 de l'obligation de construire des infrastructures permettant le stationnement sécurisé des vélos pour toute nouvelle construction d'ensemble d'habitations (Bras *et al.*, 2011U, p.46).

### 2.2.11 Le vélo de l'historien

L'histoire du vélo a été évoquée ci-dessus à travers l'histoire des mots utilisés pour le désigner. Beaucoup de passionnés de l'histoire du vélo se retrouvent tous les ans à la *conférence internationale de l'histoire du cycle*, dont la 22ème édition a eu lieu en 2011 à Paris, à l'occasion des 150 ans du vélocipède à pédales des Michaux, célébrés par l'association ParisVelocipedia. *L'association internationale pour l'histoire du transport, du trafic et de la mobilité* (T2M) organise également sa conférence annuelle depuis sa fondation en 2003 à Eindhoven pour parler plus généralement d'histoire des transports.

Nous citerons seulement quelques travaux d'historiens français sur le vélo.

---

[10] • Arantxa Julien (2000, p.78) mentionne :
« En France, le LCPC a fait paraître en 1986 en collaboration avec le CETUR un guide pour la conception des pistes cyclables (…) ».

À l'occasion d'un projet de l'ex-Inrets, Sabine Barles *et al.* (2004) ont effectué une approche exploratoire historique de sources recensant les infrastructures, la circulation et les parcs pour tous les modes, dont le vélo. Ainsi dans les recensements de la circulation sur les routes nationales de 1903 à 1913, les vélocipèdes étaient affectés d'un coefficient de réduction de 0,05 par rapport aux voitures à traction animale chargées pour calculer une circulation réduite. Leur trafic est passé dans cette période de 31,8 à 80,1 véhicules (appelés « colliers ») par jour, sur un total de 476,4 colliers par jour. Cette circulation, qui comparée à aujourd'hui est extrêmement faible, se répartissait alors en quatre quarts à peu près égaux entre les voitures chargées à traction animale, les voitures vides ou particulières à traction animale, les animaux, et les véhicules à traction mécanique (les piétons n'étaient pas recensés). Si donc en 1913 les vélos représentaient un sixième de la circulation totale hors piétons, et les deux tiers de la circulation mécanisée, le coefficient de réduction ramenait ces proportions à respectivement 1% et 2% de la circulation réduite. Ce qui comptait alors était l'impact sur l'usure des chaussées, et en ces termes-là le vélo, déjà, ne comptait pas. Le désintérêt des services des Ponts et Chaussées pour le vélo est ancien.

Jean Orselli (2009) a fait une étude très approfondie de la mobilité et des accidents en France sur longue période (1860-2008). Il montre notamment le développement explosif des bicyclettes à partir de 1890, mais aussi les violences populaires contre les cyclistes et les réglementations vélophobes qui se sont multipliés de 1874 à 1896, avant que n'intervienne une réglementation nationale. Il fait aussi des calculs de parcs et de trafics. Ce premier développement du vélo est fortement lié à la compétition sportive. Il note (p.139) « De leur côté, les cyclistes, même (et surtout ?) s'ils appartenaient aux classes aisées, pouvaient légitimement ressentir comme une injustice les brimades qui les excluaient de la route ou de la rue, alors que les voitures particulières attelées bien plus coûteuses que leurs engins y jouissaient d'une place ancestrale et du respect de la police et des populations (sinon de celui des charretiers). » Cela montre la difficile acceptation du vélo par la société, alors que la voiture particulière (hippomobile) était considérée comme le moyen de transport de prestige : elle était utilisée par l'aristocratie depuis le XVIIème siècle (Brayshay, 2004). L'automobile connaîtra aussi d'autres difficultés d'acceptation avant de s'imposer comme le moyen de transport de la classe aisée. Pourtant, la circulation des bicyclettes fut multipliée par 32 entre 1894 et 1934.




Ouvriers à bicyclette 1924

Lors d'un colloque sur la politique cyclable à Paris, Mathieu Flonneau (2008) expose la prise en compte du vélo. Le plan de déplacement de 1910 mentionne déjà un code de la

rue. Bien que le vélo fût très populaire dans les années 1930, il a fallu attendre la première manifestation de cyclistes le 22 avril 1972, la création du *Mouvement de défense de la bicyclette* (MDB) en 1974 puis l'accident de Jacques Essel en 1982 pour que la mairie de Paris peignît des bandes vertes dans les files de circulation existantes, vite appelées "couloirs de la mort". Ce n'est finalement qu'à partir de 1994 que la ville de Paris va véritablement démarrer une politique en faveur des cyclistes.

Catherine Bertho Lavenir (2011) a analysé l'évolution du vélo comme objet social. Elle distingue ainsi quatre paradigmes : l'âge du vélocipède 1814-1880 (invention mondaine), l'âge de la bicyclette 1880-1914 (loisir bourgeois), l'âge du vélo 1914-1970 (trajets quotidiens ouvriers, cyclotourisme, sport spectacle), et la bicyclette à l'âge de l´automobile depuis 1970 (sport et loisir) : dans ce dernier âge, après une première période où le vélo est éjecté de l´espace urbain et ses usagers sont disqualifiés suit une deuxième période de reconquête.

### 2.2.12 Le vélo du prospectiviste

Qu'en sera-t-il de l'avenir du vélo ? Le prospectiviste ne peut manquer aujourd'hui de s'intéresser au vélo. Christopher Porter *et al.* (1999) ont fait un état de l'art des méthodes de prévision des déplacements pour le vélo soulignant un manque de méthodes utilisables avec peu de moyens, mais suffisamment précises. Ils recommandaient trois choses : un manuel de planification pour le vélo, des recherches sur les facteurs spécifiques influençant le comportement de déplacement à vélo, notamment ceux pouvant être inclus dans un modèle de projection, et l'intégration du vélo dans les modèles de transport.

Depuis, un certain nombre de guides pour planifier les aménagements cyclables sont parus dans différents pays, des recherches ont progressé en matière de sociologie des comportements (nous l'avons vu), et des tentatives de modélisations des déplacements ont été proposées, mais il n'y a pas véritablement de modèle opérationnel de prévision de la circulation à vélo. De tels modèles se heurtent notamment à la lourdeur des données à recueillir : grand nombre d'arcs et de nœuds, nombreux attributs, données à recueillir sur le terrain.

Mais la prospective ne cherche pas seulement à faire des projections à partir de tendances passées et d'hypothèses sur des mesures à prendre : par exemple les mesures envisagées par Gerd Sammer *et al.* (2004) en faveur des transports en commun, de la marche et du vélo ne permettent pas de respecter les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre. La prospective essaie aussi de trouver le chemin vers des futurs souhaitables.

## 2.3 Le vélo : un bilan

Même si ce chapitre est destiné à présenter mon objet de recherche, et pas mes résultats, je propose ici des résultats pour au moins deux raisons : ils répondent bien à certaines recherches évoquées dans la revue disciplinaire précédente, et ce sont les travaux qui m'ont été le plus demandés, bien que cette recherche ne réponde à aucune commande. Il s'agit de connaître les effets du vélo, dans une évaluation socio-économique d'ensemble. J'ai esquissé une telle évaluation, pour le vélo et la marche, et en voici les principaux éléments.

Les publications sont dans le tome 2, et le §2.3.1 en réplique les résumés. Il s'agit d'une série de trois articles parus dans trois numéros successifs de la revue *Transport*. Le premier s'intéresse au temps passé par l'usager et à ses dépenses monétaires. Le

deuxième étudie les autres effets pour l'individu, notamment sur sa santé et sa sécurité. Le troisième s'occupe de l'ensemble des effets pour la collectivité.

Dans le §2.3.2 j'expose mon analyse de la consommation énergétique du cycliste, dans un rapport jamais publié, mais dont j'ai utilisé les résultats pour le bilan d'ensemble publié dans les articles.

Le §2.3.3 est une fiche de synthèse qui donne un aperçu des conclusions des trois articles.

### 2.3.1 Un premier bilan économique de la marche et du vélo

*La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? Première partie : le temps et l'argent.*

(Papon, 2002J1, voir tome 2)

> La marche et le vélo sont deux modes souvent considérés comme gratuits : pourtant ils ont des coûts monétaires, supportés par leurs usagers. Mais du fait de leur faible vitesse, ils ont surtout des coûts en temps. La valorisation de ce temps dépend étroitement du degré d'inconfort perçu, ou du plaisir ressenti en pratiquant ces modes, et est donc délicate. Cet article est le premier d'une série de trois, et s'intéresse seulement aux coûts en temps et en argent pour les piétons et les cyclistes. (…)

*La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? Deuxième partie : la santé et la sécurité.*

(Papon, 2002J2, voir tome 2)

> (…) Le présent article estime les effets sur la santé de ces usagers : avantage apporté par la pratique de l'exercice physique, notamment sur le système cardiovasculaire, risque subi d'être tué ou blessé dans un accident de la route, exposition à la pollution de l'air et gêne due au bruit de la circulation. Globalement, les avantages sur la santé l'emportent sur les inconvénients. Ainsi, le bilan pour l'usager fait apparaître face à des coûts en temps élevés, et des coûts monétaires faibles, trois sortes d'avantages : le surplus lié à la réalisation d'un déplacement, le plaisir de la promenade, et l'avantage de l'activité physique en termes de santé. Cet article propose ainsi un bilan de ces deux modes, pour l'individu. (…)

*La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? Troisième partie : la collectivité.*

(Papon, 2002J3, voir tome 2)

> (…) Dans le présent article, nous effectuons un bilan de la marche et du vélo du point de vue de la collectivité, en tenant compte en plus des aspects précédents, des autres effets à la charge ou au bénéfice de la collectivité. Les piétons et les cyclistes occupent peu d'espace, et dégradent peu les infrastructures, et nécessitent des dépenses modestes de la part des autorités publiques. Ils ont des effets négatifs négligeables sur l'environnement, et au contraire, contribuent à améliorer le cadre de vie. Ils peuvent même favoriser l'emploi, le développement économique, la réduction des inégalités, la qualité de l'urbanisme, et les relations sociales, mais ces effets sont difficiles à quantifier. Finalement, compte-tenu des seuls effets quantifiés, le bilan pour la collectivité diffère peu de celui pour l'usager, mais est plus favorable, car certains effets dont souffrent les usagers non motorisés, notamment l'insécurité routière, ne doivent pas leur être imputés au plan collectif.

### 2.3.2 La consommation énergétique du cycliste

(Extrait d'après Papon, 1999M6) Ce texte, non publié, est une estimation personnelle de la consommation énergétique du cycliste pour faire face aux différentes forces qui s'opposent à son mouvement.

*Sources extérieures*

Selon *The Royal Commission* (1994, p.55), un cycliste consomme 0,035 MJ/km.

Selon *Cycling performance tips* (1999), pour une personne moyenne de 150 livres (68 kg), la dépense moyenne d'un cycliste serait de 30 kcal/mile, soit 0,078 MJ/km. Plus précisément en fonction de la vitesse, on aurait (tableau 1) :

**Tableau 1. Besoins caloriques dus à l'exercice physique du cycliste selon la vitesse**

| Vitesse | Dépense par unité de distance | Dépense par unité de temps |
|---|---|---|
| 5 mph - 8 km/h | 7.4 kcal/mile - 0,019 MJ/km | 37 kcal/hr - 43 W |
| 10 mph - 16 km/h | 13.4 kcal/mile - 0,035 MJ/km | 134 kcal/hr - 155 W |
| 15 mph - 24 km/h | 23.4 kcal/mile - 0,061 MJ/km | 351 kcal/hr - 405 W |
| 20 mph - 32 km/h | 37.3 kcal/mile - 0,097 MJ/km | 746 kcal/hr - 861 W |
| 25 mph - 40 km/h | 55.3 kcal/mile - 0,143 MJ/km | 1383 kcal/hr - 1596 W |
| 30 mph - 48 km/h | 77.2 kcal/mile - 0,200 MJ/km | 2316 kcal/hr - 2673 W |

Source : *Cycling performance tips* (1999).

Ce qui fait que la valeur moyenne de 30 kcal/mile serait obtenue avec une vitesse (assez élevée) de 28 km/h, et celle de *The Royal Commission* (1994) correspondrait à une vitesse de 16 km/h.

Le tableau 2 suivant est donné sous toutes réserves de validité d'après *Bicycling* (1989).

**Tableau 2. Consommation énergétique d'un cycliste en fonction de sa vitesse et de son poids (sur terrain plat, sans vent, buste droit)**

| Vitesse (mile/h) | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (km/h) | 19,2 | 22,4 | 24,0 | 25,6 | 27,2 | 28,8 | 30,4 |
| Poids du cycliste | kilocalories/heure | | | | | | |
| 110 livres - 50 kg | 293 | 348 | 404 | 448 | 509 | 586 | 662 |
| 120 livres- 54 kg | 315 | 375 | 437 | 484 | 550 | 634 | 718 |
| 130 livres- 59 kg | 338 | 402 | 469 | 521 | 592 | 683 | 773 |
| 140 livres- 63 kg | 360 | 430 | 502 | 557 | 633 | 731 | 828 |
| 150 livres- 68 kg | 383 | 457 | 534 | 593 | 675 | 779 | 883 |
| 160 livres- 72 kg | 405 | 485 | 567 | 629 | 717 | 828 | 938 |
| 170 livres- 77 kg | 427 | 512 | 599 | 666 | 758 | 876 | 993 |
| 180 livres- 82 kg | 450 | 540 | 632 | 702 | 800 | 925 | 1048 |
| 190 livres- 86 kg | 472 | 567 | 664 | 738 | 841 | 973 | 1104 |
| 200 livres- 91 kg | 495 | 595 | 697 | 774 | 883 | 1021 | 1159 |

Source : *Bicycling* (1989).

Ce qui donne pour une personne de 68 kg à 19,2 km/h une consommation de 442 W ou de 20 kcal/km soit 0,083 MJ/km. La même personne à 28 km/h consommerait 839 W ou 0,108 MJ/km, soit davantage que selon *Cycling performance tips* (1999).

Selon Ivan Illitch (1973), la bicyclette consomme 0,15 cal/km/g, soit pour une personne de 68 kg : 0,042 MJ/km.

Nous allons calculer notre propre estimation de la consommation énergétique des cyclistes.

La consommation énergétique par unité de temps P (puissance) d'un cycliste peut être schématisée comme suit :

$P = \rho^{-1}.(P_{air}+P_{route}+P_{pente}+P_{accélération}+P_{frein}+P_{accessoires})$ (R1), où les différents termes sont analysés ci-après.

D'autres modélisations mathématiques plus partielles ou plus précises existent dans la littérature. J.C. Martin *et al.* (1998) ont comparé les résultats des formules de la physique à ceux obtenus sur banc d'essai, et ont trouvé une erreur type de 2,7 W de la modélisation par rapport à la mesure, sur une puissance totale de 218 W.

### *Rendement métabolique et mécanique*

$\rho^{-1}$ est l'inverse du coefficient de rendement (muscles et chaîne de transmission de l'effort).

Le rendement métabolique (rapport de l'énergie mécanique produite par les muscles à l'énergie contenu dans les aliments ingérés) est de l'ordre de 0,25 (*Cycling performance tips,* 1999). Environ 10% de l'énergie ingérée serait utilisée pour la digestion. 60% est utilisée dans la transformation dans les muscles des nutriments issus de la digestion (glucose) en ATP (adénosine triphosphate). Le reste de l'énergie perdue est la perte mécanique au niveau de la contraction musculaire.

Le rendement mécanique de la bicyclette est supérieur à 95%, mais dépend de l'entretien des parties en mouvement: chaîne, pédalier, roue libre, moyeux. Martin *et al.* (1998, p.291) donnent une valeur de 97,6% pour un vélo de course en parfait état.

### *Résistance de l'air*

$P_{air}$ est la consommation énergétique pour vaincre la résistance de l'air[11] :

$P_{air} = \frac{\mu}{2}.S.C_x.v.(v-v_{vent})^2.signe(v-v_{vent})$, (R2) avec

$\mu$ : masse volumique de l'air ;

S : surface frontale du cycliste et de son engin ;

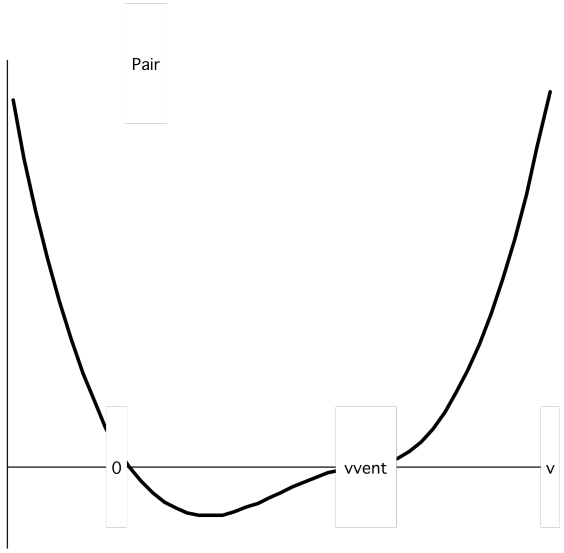
$C_x$ : coefficient aérodynamique de trainée du cycliste et de son engin ;

v : vitesse du cycliste ;

$v_{vent}$ : composante algébrique de la vitesse du vent dans la direction du cycliste.

[11]En aérodynamique, le coefficient de trainée $C_x$ est défini par la relation liant la force de trainée $R_x$ à la vitesse relative par rapport à l'air $v_r$: $R_x = \frac{\mu}{2}.S.C_x.v_r^2$, force qui s'exerce dans la direction de $v_r$, et en sens opposé. Aux régimes d'écoulement auxquels un cycliste est soumis, le coefficient de trainée est relativement constant et ne dépend que de la position du cycliste et de l'aérodynamique de ses équipements. La puissance consommée par la force de trainée est le produit scalaire $P_{air} = \underline{R_x}.\underline{v}$.

**Figure 1. Puissance consommée pour vaincre la résistance de l'air.**




Cette formule est une courbe du troisième degré réfléchie à $v=v_{vent}$ par rapport à la vitesse du cycliste, avec les points remarquables suivants (figure 1) :

- à vitesse du cycliste nulle, le vent (s'il y en a) exerce une force non nulle sur le cycliste, mais ne lui coûte aucune dépense énergétique ;

- à vitesse du cycliste égale à celle du vent, le vent n'exerce aucune force sur le cycliste, ce qui ne lui demande aucune puissance ;

- à vitesse du cycliste égale au tiers de la vitesse du vent, le vent fournit au cycliste une puissance maximale $\frac{2\mu}{27}.S.C_x.v_{vent}^3$ ;

- à puissance développée par le cycliste donnée, et hors autres effets développés ci-dessous, la vitesse atteinte contre le vent est inférieure à la vitesse atteinte dans le sens du vent (résolution de l'équation (R2) du troisième degré en v).

Pour être plus précis, la rotation des rayons dans l'air engendre une résistance aérodynamique supplémentaire (ce pour quoi certains vélos de course ont des roues lenticulaires). J.C. Martin *et al.* (1998, p.291) estiment dans un cas étudié en soufflerie que cet effet correspond à un supplément de maître-couple $S.C_x$ de 0,0044 m2, soit moins de 2% du maître-couple du cycliste et de son vélo de 0,2565 $m^2$.

Exemple : $v_{vent}=0$, v=20 km/h, S=0,5 $m^2$, $C_x=0,8$[12], $\mu=1,293$ $kg.m^{-3}$, alors $P_{air}$ = 44,3 W. Avec une même puissance, et une vitesse du vent de $v_{vent}=20$ km/h (ce qui est un vent fort), on a contre le vent v=9,3 km/h, et dans le sens du vent v=35,1 km/h.

*Résistance au roulement*

$P_{route}$ est la consommation énergétique pour vaincre la résistance de la chaussée :

$P_{route}=r.(m+M).g.v$, (R3) avec

r : coefficient de résistance au roulement ou coefficient de friction ;

[12]Un $C_X$ de 0,8 est celui d'un cylindre perpendiculaire au flux d'air. Mariot (1994) donne des valeurs de $S.C_X$ comprises entre 0,36 $m^2$ pour un cycliste couché sur le guidon à 0,43 $m^2$ pour un cycliste bras tendus. Martin *et al.* (1998, p. 291) donnent une valeur (pour un vélo de course) de 0,26 $m^2$

m : masse de la bicyclette et des bagages ;

M : masse du cycliste ;

g : accélération de la pesanteur.

Nous pouvons modéliser le coefficient de résistance au roulement par :

$$r=\left(r_0+\sum_i \frac{k_i e_i}{l_i}\right)$$ (R4) avec

$r_0$ : résistance au roulement sur chaussée parfaitement lisse ;

$e_i$ : épaisseur d'un défaut de chaussée de type i ;

$l_i$ : distance séparant les défauts de chaussée de type i ;

$k_i$ : coefficient d'absorption d'énergie des défauts de chaussée de type i .

Le premier terme correspond à l'écrasement des pneumatiques sur chaussée parfaitement lisse. Le deuxième terme représente la perte d'énergie dans les défauts de chaussée allant du grain de sable au nid-de-poule.

Exemple : m+M=85 kg, g=9,81 m.s$^{-2}$, v=20 km/h, $r_0$=0,005, $k_1$=0,5, $e_1$=1 cm, $l_1$=100 cm, alors le premier terme vaut 23,2 W, et le second 23,2 W, soit en tout à peu près autant que la puissance nécessaire pour vaincre la résistance de l'air. On voit que l'état de la chaussée peut sérieusement dégrader le bilan énergétique du cycliste.

Altigraph (1985) donne pour un poids cycliste+vélo de 85 kg à la vitesse de 20 km/h, une puissance consommée dans les frottements de 46 W, avec un barème proportionnel au poids et à la vitesse comme dans la formule (R3).

Le tableau 3[13] fournit d'autres données de résistance au roulement des pneumatiques, de 2,1 à 3,5 newtons, soit pour une vitesse de 20 km/h, de 11,7 à 19,4 W.

**Tableau 3. Résistance au roulement des pneumatiques**

| pression kgf/cm2 | résistance au roulement grammes-force |
|---|---|
| 3.5 | 356 |
| 4.0 | 322 |
| 4.5 | 298 |
| 5.0 | 279 |
| 5.5 | 265 |
| 6.0 | 255 |
| 6.5 | 244 |
| 7.0 | 238 |
| 7.5 | 231 |
| 8.0 | 222 |
| 8.5 | 216 |
| 9.0 | 213 |

Source : <hardcore-bicycle-science>.

Selon Nicolas Mercat (1999), le coefficient de friction pour un vélo de course dont les pneumatiques sont gonflés à 6 bars serait de r=0,00375, ce qui correspond pour un poids cycliste + vélo de 85 kg à 3,1 N, et pour une vitesse de 20 km/h à une puissance

[13] OrigamiTB@aol.com, dans un message du 22 juillet 1998 trouvé sur la liste de discussion <hardcore-bicycle-science> dont les archives se trouvent à http://cycling.org/lists/hardcore-bicycle-science/, a développé plusieurs modèles de résistance des pneumatiques (« parsimonious tire rolling-resistance models »). Ces modèles s'appuient sur des données fournies par Jobst Brandt <jbrandt@hplabsz.hpl.hp.com> dans des messages sur cette même liste du 28 juillet 1997 et précédemment. Elles concernent des pneumatiques de type: S/Turbo/LR, de largeur nominale : 25 mm, de largeur mesurée : 21.4 mm, de poids mesuré : 234 g.

de 17,4 W. Mais il insiste sur l'importance de la qualité du revêtement (gravillon, chaussée mal réparée, plaques d'égouts saillantes ou trop enfoncées, revêtement trop rugueux, défauts de planéité) qui peut considérablement affecter la dépense énergétique du cycliste.

J.C. Martin *et al.* (1998) donnent (pour un vélo de course) une valeur du coefficient de friction de r=0,0032, soit une puissance de 23,6 W à 30 km/h. De surcroît, ils expriment les pertes par frottements dans les roulements des roues par la formule :

$P_{roulements} = v.(91+8,7v)10^{-3}$ (R5)

Cela représente moins de 6% de la résistance au roulement, soit 1,4 W à 30 km/h.

*Pesanteur*



L547, près de Hallstatt, Autriche, 27/08/2010 Photo Francis Papon

$P_{pente}$ est la consommation énergétique pour vaincre les dénivellations :

$P_{pente}=a.(m+M).g.v$, (R6) avec

a : pente algébrique.

Si la pente a est négative (descente), il s'agit alors bien sûr d'une puissance fournie au cycliste.

Exemple : m+M=85 kg, g=9,81 $m.s^{-2}$, v=10 km/h, a=2%, alors $P_{pente}$=46,3 W. On voit aussi en comparant avec les exemples de $P_{air}$ et $P_{route}$, que gravir une dénivellation de 19,5 mètres représente à peu près autant d'énergie que de parcourir 1 kilomètre sur le plat à 20 km/h sans vent et sur chaussée dégradée selon l'exemple ci-dessus.

*Dynamique*

$P_{accélération}$ est la consommation énergétique nécessaire pour accélérer le véhicule :

$P_{accélération}= (m+M+2z.m_{roue}).\gamma.v$, (R7) avec :

$\gamma$ : accélération algébrique ;

z : rapport du rayon moyen de la roue à son rayon extérieur ;

$m_{roue}$ : masse d'une roue.

La masse totale en mouvement intervient dans l'accélération longitudinale. La masse des roues intervient une nouvelle fois dans le mouvement de rotation (ce qui est assez marginal mais incite les coureurs cyclistes à s'intéresser plus particulièrement au poids des roues).

Si l'accélération $\gamma$ est négative (décélération), il s'agit alors bien sûr d'une puissance fournie au cycliste.

Exemple : m+M=85 kg, $\gamma$=0,2 $m.s^{-2}$, v=10 km/h, $m_{roue}$= 0,7 kg, z= 0,97 alors $P_{accélération}$=47,6 W.

Un cycliste qui démarre avec une puissance constante $P_0$, et en négligeant les autres forces, est soumis à l'équation différentielle : $P_0=(m+M).\gamma.v$ (R8),

soit en intégrant par rapport au temps t : $v=\sqrt{\frac{2P_0.t}{m+M}}$ (R9).

L'énergie cinétique $\frac{1}{2}(m+M).v^2$ d'un cycliste de m+M=85 kg roulant à v=20 km/h, soit 1312 J, correspond à l'énergie nécessaire pour parcourir environ 80 mètres sur le plat à 20 km/h sans vent et sur chaussée dégradée. Autrement dit, pour ce cycliste, s'arrêter équivaut à un détour de 80 mètres, et l'on comprend l'obstination des cyclistes à maintenir leur vitesse.

D'ailleurs Nicolas Mercat (1999) calcule un coût de l'arrêt de 139 mètres pour un poids total m+M=80 kg, une vitesse de 20 km/h, une chaussée de bonne qualité, et des pneumatiques de bonne qualité, pour une énergie cinétique de 1929 J. Cela explique que les cyclistes préfèrent les voies prioritaires, et ignorent souvent les stops et feux rouges.

$P_{frein}$ est la consommation énergétique dissipée par les freins. Bien sûr, le cycliste ne pédale pas en freinant en même temps, et cette consommation énergétique (plus la puissance dissipée dans la chaussée) est alors compensée exactement par l'énergie fournie par la décélération, la pente, et le vent.

Jacques Esther (1995) a réalisé une étude plus fouillée de la dynamique d'une bicyclette, notamment de sa stabilité, de sa tenue de route et de sa capacité de freinage. En particulier, le freinage $-\gamma$ est limité par l'adhérence de la chaussée f, et si g est l'accélération de la pesanteur, on a $\gamma \geq -fg$. Sur route sèche, f est compris entre 0,8 et 0,9. Sur route mouillée f descend à 0,5. Sur du sable ou des gravillons f ne vaut plus que 0,3. Sur du verglas f atteint à peine 0,1. Le freinage est également plus limité en virage.

*Accessoires*

$P_{accessoires}$ est l'énergie consommée par les accessoires de la bicyclette, notamment la dynamo qui alimente l'éclairage de nuit. Cette puissance est proportionnelle à la vitesse, et une valeur de l'ordre de 15 W à 20 km/h, ou 15% de la puissance consommée semble être l'ordre de grandeur.

*Bilan*

La puissance totale P fournie par le cycliste est bien sûr positive ou nulle. Elle est nulle quand le cycliste ne pédale pas et les autres composantes algébriques de la puissance totale se compensent.

Si le cycliste pédale, on voit que sa vitesse dépend beaucoup de différents facteurs : vent, état de la chaussée, pente, accélération. Par exemple, pour une puissance utile de 67,5 W (environ 0,09 cheval-vapeur), soit, si on admet $\rho$=0,25, une dépense énergétique de 270 W (ou 235 kcal/h), la vitesse obtenue peut être très différente suivant les conditions comme le montre le tableau 4.

**Tableau 4. Vitesse atteinte par un cycliste développant 67,5 W utiles suivant les conditions**

| Vent (km/h) | Etat de la chaussée | Pente (%) | Nombre d'arrêts par km | Vitesse moyenne (km/h) |
|---|---|---|---|---|
| sans | parfait | 0 | 0 | 20,0 |
| - 20 | parfait | 0 | 0 | 10,7 |
| + 20 | parfait | 0 | 0 | 32,8 |
| sans | dégradé (1cm/100cm) | 0 | 0 | 17,2 |
| sans | parfait | 2 | 0 | 10,6 |
| sans | parfait | 0 | 5 | 14,1 |
| -20 | dégradé (1cm/100cm) | 2 | 5 | 6,1 |

D'après les formules de calcul décrites, avec m+M=85 kg, $S.C_X$=0,40.

Cette dépense énergétique de 235 kcal/h (pour une puissance utile de 67,5 W) correspond à un effort très modéré, comparable à la marche ordinaire, et peut facilement être multipliée par 3 lors d'un exercice sportif. Altigraph (1985) évoque pour des cyclistes sportifs des puissances utiles de 100 à 500 W. Le record de l'heure sur piste, de 56 km/h, correspondrait à une puissance de plus de 1000 W, si le maître-couple $S.C_X$ était le même, ce qui est douteux. Mais le cycliste urbain de base (enfant de 12 ans allant à l'école, ménagère de 55 ans allant faire ses courses, facteur, etc...) doit rarement dépasser les 100 W utiles...

On voit que la vitesse coûte très cher en énergie au cycliste, à cause de la résistance de l'air dont la consommation énergétique est comme le cube de la vitesse. Le poids intervient peu, sauf dans les dénivellations. C'est ce que montre le tableau 5 suivant. Sur le plat, la ménagère de 55 ans verra son temps de parcours allongé d'un peu plus d'un quart par rapport à l'enfant de 12 ans, à puissance égale. Mais dans une côte de 5%, sa vitesse sera réduite de moitié par rapport à l'enfant, ce qui l'obligera à marcher. La multiplication par quatre de la puissance de l'ouvrier par rapport à la ménagère ne fait que doubler sa vitesse sur le plat.

**Tableau 5. Vitesse moyenne atteinte par un cycliste en fonction de sa puissance et de son poids**

| Cycliste | Sans vent, chaussée dégradée, plat, 2 arrêts par km | Sans vent, chaussée dégradée, pente de 5%, 2 arrêts par km |
|---|---|---|
| Enfant de 12 ans allant à l'école : m+M=50 kg, $SC_X$=0,30, $P_u$=50 W | 16,2 km/h | 5,9 km/h |
| Ménagère de 55 ans avec achats : m+M=100 kg, $SC_X$=0,48, $P_u$=50 W | 11,7 km/h | 3,0 km/h |
| Ouvrier sportif allant au travail : m+M=100 kg, $SC_X$=0,40, $P_u$=200 W | 23,6 km/h | 11,3 km/h |
| Champion sportif : m+M=75 kg, $SC_X$=0,30, $P_u$=400 W | 34,8 km/h | 23,9 km/h |

D'après les formules de calcul décrites plus haut.

Le tableau 2 donnait des consommations énergétiques un peu plus élevées. On voit que cette consommation suivait approximativement une loi en $M.v^2$, ce qui est un peu différent de ce que nous avons écrit plus haut (puissance pour vaincre la résistance de l'air en $v^3$). En fait, ces consommations énergétiques sont compatibles avec les puissances utiles données par nos formules décrites plus haut, ou par Altigraph (1985), avec un coefficient de rendement de l'ordre de 0,2.

**Tableau 6. Consommation énergétique par kilomètre de différents moyens de transport**

| Mode | Consommation (MJ/voy-km) | Référence |
|---|---|---|
| Bicyclette | 0,035 | *The Royal Commission* |
| Bicyclette M=68 kg | 0,042 | Ivan Illitch |
| Bicyclette enfant de 12 ans | 0,044 | tableau 5 |
| Bicyclette ménagère de 55 ans | 0,061 | tableau 5 |
| Bicyclette sportif v=28km/h M=68 kg | 0,078 | *Cycling performance tips* |
| Bicyclette sportif v=19,2 km/h M=70 kg | 0,085 | tableau 2 |
| Bicyclette sportif v=28 km/h M=70 kg | 0,108 | tableau 5 |
| Bicyclette ouvrier sportif | 0,122 | tableau 5 |
| Marche | 0,140 | *The Royal Commission* |
| Marche M=68 kg | 0,212 | Ivan Illitch |
| Marche ou course à pied M=68 kg | 0,336 | *Cycling performance tips* |
| RER | 0,79 | Ademe |
| Métro Paris | 0,81 | Ademe |
| Train de banlieue | 0,88 | Ademe |
| Autobus RATP | 1,00 | Ademe |
| Autobus de banlieue | 1,11 | Ademe |
| Voiture particulière | 2,58 | Ademe |
| Voiture particulière | 2,8 | *The Royal Commission* |

Les valeurs pour les transports collectifs et la voiture particulière tiennent compte des taux d'occupation moyens réels.

Quelles que soient ces incertitudes, la bicyclette est le moyen de transport urbain le plus économe en énergie : 4 fois moins que la marche, 23 à 32 fois moins que les transports collectifs, 80 fois moins que l'automobile, selon *The Royal Commission* (1985, p.55) et l'Ademe. Le tableau 6 compare différentes valeurs. Le chiffre de *The Royal Commission* (1985) pour la bicyclette paraît faible : elle correspond selon nos formules à un cycliste de 70 kg roulant avec un vélo de 15 kg sur une chaussée non dégradée à 15 km/h, sans pente, ni vent, ni arrêts, et développant 36 W utiles. Cela correspond à peu près d'ailleurs à la puissance développée par le piéton cité par la même source qui se déplacerait à 4 km/h.

### *Coût de l'énergie alimentaire*

L'énergie nécessaire à un piéton ou à un cycliste provient de son alimentation.

Pour le vélo, on a vu dans le tableau 6 que la ménagère de 55 ans pouvait dépenser 14,5 kcal/km, et l'ouvrier sportif le double, tandis que le cycliste imaginé par *The Royal Commission* consomme 8,4 kcal/km. Retenons plutôt une valeur moyenne de 15 kcal/km (0,062 MJ/km).

Le prix de la kilocalorie alimentaire est très variable[14] : 0,0006 FRF pour une farine premier prix à 2,40 FRF/kg, 0,0010 FRF pour une huile à 9 FRF/kg, 0,0018 FRF pour du sucre raffiné à 7,20 FRF/kg, 0,0078 FRF pour des biscuits à 35 FRF/kg, 0,0690 FRF pour un repas au restaurant à 69 FRF. En comparaison, le prix de la kilocalorie des carburants automobiles est du même ordre que celui de la farine alimentaire, alors que les taxes s'élèvent à près de 80% pour les premiers contre 5,6 % pour la seconde. Mais n'oublions pas que l'automobile consomme 80 fois plus que la bicyclette par passager-kilomètre, ce qui permet au cycliste d'être compétitif en termes de coût de l'énergie, même en s'alimentant au restaurant. Si l'on retient un prix moyen de 0,01 FRF/kcal, le coût de l'alimentation du piéton est 0,55 FRF/km, et celle du cycliste revient à 0,15 FRF/km. Cela peut doubler en cas d'usage très sportif.

[14] Coûts donnés selon les conditions économiques en France en 1996.

Pour fonder une évaluation plus raisonable du prix de l'alimentation, on peut considérer les faits suivants :

- le chiffre d'affaire du commerce alimentaire en France s'élevait à 761 795 millions de francs en 1995[15] ;
- la population française s'élevait à 57,5 millions en 1994[16] et 58,1 millions en 1995 ;
- la consommation alimentaire en France s'élevait à 3 559 kcal/pers jour [17] en 1995.

On en déduit un coût moyen de l'alimentation de 0,01009 FRF/kcal en 1995.

Nous pouvons retenir un coût moyen de l'énergie alimentaire d'environ un centime par kilocalorie en 1995. A titre de comparaison, les carburants automobiles coûtent (TTC) environ 0,058 centime par kilocalorie en 1995.

*Vitesse optimale pour un cycliste*

Un cycliste gagne du temps s'il roule plus vite. En contrepartie, il dépense plus d'énergie. Compte-tenu du coût de l'énergie alimentaire c (en FRF/kcal), et de la valeur du temps du cycliste h (en FRF/h), quelle est sa vitesse optimale ?

Soit v la vitesse du cycliste.

La dépense énergétique du cycliste est donnée par les formules R1 à R7. Pour simplifier nous considérons le cas où il n'y a pas de vent, pas d'arrêts, pas d'accessoires. L'énergie nécessaire pour vaincre la résistance au roulement, ou la pesanteur dans les dénivellations ne dépend pas de la vitesse (la puissance est proportionnelle à la vitesse), et donc peu nous importe la pente ou le coefficient de friction dans ce calcul. Le seul terme variable restant est l'énergie nécessaire pour vaincre la résistance de l'air, qui est comme le carré de la vitesse.

Le temps passé est inversement proportionnel à la vitesse.

Dans ces conditions, la vitesse optimale s'écrit :

$$v=\sqrt[3]{\frac{\rho h}{\mu S C_x c}} \quad \text{(R10)}.$$

Application numérique :

$\rho$=0,25; $\mu$=1,293 kg.m$^{-3}$; S=0,5 m$^2$; $C_x$=0,8; c=0,01 FRF/kcal=2,4.10$^{-6}$ FRF/J; h=62 FRF/h=17,22.10$^{-6}$ FRF/s.

Alors v = 15 m/s = 54 km/h.

Comme cette valeur résulte de l'extraction d'une racine cubique, elle n'a qu'une élasticité d'un tiers par rapport à la valeur du temps, ou de moins un tiers par rapport au coût de l'alimentation.

Comme cette vitesse est supérieure aux performances de la plupart des cyclistes, cela signifie que l'optimum temps-énergie pour un cycliste consiste à rouler le plus vite possible (sauf dans les descentes où il faut arrêter de pédaler dès que la vitesse atteint 54 km/h). Bien évidemment, des considérations de confort, et surtout de sécurité peuvent amener à réduire la vitesse.

---

[15] Insee résultats (1997) *Les comptes du commerce en 1995.*

[16] Gallez C., Orfeuil J.P., Polacchini A. (1997) « L'évolution de la mobilité quotidienne. Croissance ou réduction des disparités ? » *RTS Recherche, Transports, Sécurité* n°56, p.28

[17] FAO : http://apps.fao.org/

### 2.3.3 Intégrer la marche et le vélo dans les comptes de déplacement et l'évaluation de politiques de transport

(Papon, 2004P6, d'après Papon, 2002J1, voir tome 2, 2002J2, voir tome 2, 2002J3, voir tome 2, 2003K2)

Nous avons dans un premier temps estimé les valeurs du temps, du plaisir et de l'inconfort des piétons et des cyclistes ainsi que leurs coûts monétaires. Dans un deuxième temps, nous avons tenu compte des effets positifs sur la santé dont ils bénéficient, et des effets négatifs dont ils pâtissent du fait de l'insécurité routière ou de la pollution, pour établir un bilan de ces modes du point de vue de l'usager. Dans un troisième temps, nous avons effectué un bilan de la marche et du vélo du point de vue de la collectivité, en tenant compte en plus des aspects précédents, des autres effets à la charge ou au bénéfice de la collectivité. Finalement, compte-tenu des seuls effets quantifiés, le bilan pour la collectivité diffère peu de celui pour l'usager, mais est plus favorable, car certains effets dont souffrent les usagers non motorisés, notamment l'insécurité routière, ne doivent pas leur être imputés au plan collectif.

#### *Des calculs pas si négligeables*

Nous avons proposé une évaluation économique de la marche et de la bicyclette. Ce travail repose sur de nombreuses disciplines : économie pour les valeurs du temps ou les notions de surplus, comptabilité pour les différentes dépenses, sciences physiques (mécanique, aérodynamique, biochimie) pour la consommation énergétique ou l'impact sur l'environnement, médecine pour les effets sur la santé, et aussi accidentologie, psychologie, sociologie. Si beaucoup de phénomènes peuvent être décrits qualitativement, leur attribuer une valeur monétaire est un exercice ardu. Les sources utilisées ne sont pas si rares, mais sont très éparses et lacunaires, et souvent divergentes. La construction d'évaluations est un gigantesque puzzle. Nous pensons avoir établi un certain nombre d'ordres de grandeur, mais il faut garder à l'esprit que ce sont des ordres de grandeurs, et ne pas s'appesantir sur les décimales. Dans de nombreux cas, de nouvelles recherches seraient utiles pour préciser certains points, ou introduire d'autres valorisations.

Pour résumer l'impact de la marche et de la bicyclette, on pourra retenir les points suivants.

#### *Des modes lents*

La marche et la bicyclette demandent en premier lieu du temps à leurs usagers, du fait de leur faible vitesse. Rappelons que la bicyclette est trois à cinq fois plus rapide que la marche. La valorisation de ce temps est complexe, car elle fait intervenir l'inconfort subi au cours au déplacement qui peut doubler la valeur du temps, ou au contraire le plaisir de se déplacer par ses propres moyens, qui peut annuler cette valeur dans le cas où l'on ne se déplace que pour le plaisir. Des études restent à mener pour identifier plus précisément la répartition des valeurs du temps des piétons et des cyclistes selon les situations, et ne pas s'en tenir à des facteurs d'inconfort relativement arbitraires. Par ailleurs, les piétons et les cyclistes souffrent des effets de coupure qui les obligent à des détours ou à des attentes, et donc une partie du temps de déplacement supportée par l'usager est en fait pour la collectivité un coût à imputer aux circulations motorisées. La monétarisation de ces effets de coupure est encore embryonnaire.

#### *Des modes bon marché*

La marche et la bicyclette ont des coûts monétaires supportés par l'usager, qu'il ne faut pas négliger. Parmi ces coûts, les taxes payées par les usagers sont faibles, mais il semblerait qu'elles compensent les dépenses des collectivités publiques pour la voirie spécifiques pour les usagers non motorisés. Mais une comptabilité plus détaillée de ces

dépenses serait nécessaire. L'espace occupé par les piétons et les cyclistes est faible, par suite la congestion qu'ils créent est limitée et sa valeur est inférieure à celle dont ils souffrent du fait de l'effet de coupure.

*Des modes sains et vulnérables*

La marche et la bicyclette ont un effet bénéfique très significatif sur la santé de l'usager, essentiellement par réduction du risque cardio-vasculaire. Cet effet est largement documenté dans les milieux médicaux, mais encore peu médiatisé dans les milieux transport en France. Il reste donc là essentiellement un effort de communication à faire.

L'insécurité routière qui frappe les piétons et davantage encore les cyclistes est sérieuse, mais reste largement inférieure à l'avantage en termes de santé. Si cette insécurité est un risque supporté par les usagers non motorisés, ce risque est essentiellement dû aux véhicules à moteur. Les cyclistes engendrent un risque beaucoup plus réduit pour eux-mêmes et encore plus pour autrui. Les piétons ne constituent quasiment aucune menace.

*Des modes écologiques et citoyens*

Si les piétons et les cyclistes souffrent de la pollution de l'air ou du bruit, ces effets sont relativement faibles par rapport à l'insécurité. Inversement, les piétons et les cyclistes ont un impact environnemental très réduit et améliorent même l'environnement urbain.

Les piétons et les cyclistes peuvent contribuer à améliorer l'emploi, le développement économique, les inégalités, l'urbanisme et les relations sociales, mais s'il existe déjà des études descriptives, sociologiques, ou urbanistiques sur le sujet, l'évaluation de ces effets reste à faire.

*Chi va piano va sano*

**Tableau 7. Bilan des coûts et avantages moyens kilométriques privés des piétons et cyclistes**

| valeurs moyennes (EUR2000/km[18]) | marche-promenade | vélo-sport | marche | vélo |
|---|---|---|---|---|
| coûts, total | 1,59 | 0,75 | 3,87 | 1,62 |
| temps (tutélaire) | 1,31 | 0,40 | 1,78 | 0,63 |
| inconfort | | | 1,78 | 0,63 |
| coûts monétaires | 0,17 | 0,12 | 0,17 | 0,12 |
| insécurité subie nette | 0,11 | 0,23 | 0,11 | 0,23 |
| pollution inhalée | | | 0,02 | 0,007 |
| bruit subi | | | 0,01 | 0,003 |
| avantages, total | 3,40 | 0,97 | 9,06 | 3,49 |
| mobilité | | | 6,97 | 2,92 |
| plaisir | 1,31 | 0,40 | | |
| avantage cardio-vasculaire | 2,09 | 0,57 | 2,09 | 0,57 |
| solde | 1,81 | 0,22 | 5,19 | 1,87 |

Ce premier tableau (7) donne les évaluations retenues pour les différents éléments de coût ou d'avantage à la charge (surtout le temps et l'inconfort) ou au profit (avantage à réaliser le déplacement, plaisir et santé) des piétons et des cyclistes, en moyenne par kilomètre parcouru (en France).

[18] Valeurs monétarisées des différents effets pour un kilomètre parcouru à pied ou à vélo, en euros constant 2000.

**Tableau 8. Bilan des coûts et avantages kilométriques moyens, collectifs des piétons et cyclistes**

| valeurs moyennes (EUR2000/km) | | |
|---|---|---|
| | marche | vélo |
| total coûts | 3,57 | 1,40 |
| temps | 1,78 | 0,63 |
| – moins solde de congestion | -0,13 | -0,007 |
| inconfort | 1,78 | 0,63 |
| – moins bruit subi | -0,01 | -0,003 |
| – pollution subie | -0,02 | -0,007 |
| dépenses privées hors taxes | 0,15 | 0,10 |
| dépenses publiques | 0,01 | 0,01 |
| insécurité émise | 0,00 | 0,02 |
| pollution émise | 0,01 | 0,03 |
| effet de serre | 0,00 | 0,00 |
| total avantages | 9,07 | 3,50 |
| mobilité | 6,97 | 2,92 |
| santé | 2,10 | 0,58 |
| solde | 5,50 | 2,10 |

Ce deuxième tableau (8) déduit du précédent les externalités dont souffrent les piétons et les cyclistes sans en être responsables et ajoute les charges (faibles) qu'ils imposent à la collectivité sans les supporter. Ainsi par exemple, l'insécurité qu'ils produisent pour la collectivité est bien moindre que celle dont ils souffrent à titre privé. Ce bilan collectif plus favorable que celui à titre privé justifie des dépenses publiques plus élevées pour améliorer le confort, l'efficacité et la sécurité de ses modes.

## 2.4 Le vélo : un objet de recherche à définir

Après avoir fait un rapide aperçu des évolutions terminologiques, et des recherches sur le vélo dans quelques disciplines scientifiques, et après avoir donné un bilan d'ensemble du vélo, nous allons définir notre objet de recherche autour du vélo.

### 2.4.1 Le retour du vélo

Nous avons vu que le vélo, apparu comme objet technique au XIXème siècle, est devenu un objet social au XXème siècle pour le transport et le sport, mais n'est introduit dans le vocabulaire officiel qu'au XXIème siècle. Si le vélo était un moyen de transport important en France dans les années 1920 à 1960 (voir §5.2.4), il était considéré comme un moyen de transport accessoire par l'administration en 1926 (Barles *et al.*, 2004, p. 29), et à partir de 1960 il a même été nié sémantiquement comme moyen de transport, seuls les modes motorisés porteurs de modernité et de développement industriel ayant droit à l'attention des pouvoirs publics. Ce n'est qu'à partir des années 1990 que le vélo, d'abord sous des vocables divers, puis sous son vrai nom, a commencé à faire l'objet d'une considération officielle.

Son acceptation officielle a en fait suivi son acceptation sociale. Ainsi pour les professionnels de santé, sa pratique est devenue une évidence pour combattre maints maux. Pour les techniciens de la circulation, son décompte à part s'est enfin imposé. Pour les dénicheurs des tendances sociales, son usage devient un comportement normal, qui n'est plus pourfendu par l'entourage. Pour les fournisseurs de services d'aide à la mobilité, comme la cartographie et les calculateurs d'itinéraires, les cyclistes deviennent des cibles pertinentes.

Enfin, le vélo a sans doute passé son étiage quantitatif. C'est avéré aux Pays-Bas depuis 1978. C'est le cas aux États-Unis, même à un niveau très bas. Et c'est aussi le cas en France dans les années 2000. Le vélo serait donc redevenu, ou peut-être simplement devenu, un moyen de transport normal. Il reste à voir si cette normalité, maintenant évidente en ville, peut s'étendre à tous les territoires, y compris périurbains et ruraux.

### 2.4.2 Le vélo moyen de transport

Mes recherches abordent le vélo comme moyen de transport, et ne traitent pas les autres aspects du vélo, comme le sport spectacle. Mais naturellement ces recherches ne sont pas monomaniaques du vélo, mais considèrent le vélo parmi l'ensemble des moyens de transport. Le vélo peut être une solution aux différents défis que pose la mobilité aujourd'hui, mais ce n'est pas la seule, et il doit être replacé dans un contexte d'ensemble.

Le vélo est d'abord une extension de la marche, un relais, dit Yan Le Gal (Gart, 2000). Évidemment, le vélo partage avec la marche le fait d'être mû exclusivement par la force musculaire, les deux formant en cela les deux principales modalités des modes actifs. Ils sont, tous les deux, respectueux de l'environnement. Toutefois, le vélo est un véhicule, ce que n'est pas la marche, et est nettement plus rapide que la marche. Le vélo partage aussi des problématiques avec les personnes à mobilité réduite : les aménagements en leur faveur (bordures de trottoir abaissées et à vue zéro, accessibilité des quais des transports collectifs) profitent aussi aux cyclistes. Par ailleurs, certains types de cycle (tricycles actionnés par les bras, tricycles aménagés pour transporter des passagers, tandems) peuvent être utiles pour améliorer la mobilité de certains handicapés.

Le vélo partage des relations mécaniques avec le deux-roues motorisé. En effet, le motocycle est à l'origine un cycle équipé d'un moteur, et obéit à la même dynamique que le vélo. Mais le motocycle crée des problèmes importants pour la société qui ne doivent pas être amalgamés avec ceux du vélo : le risque d'accident est d'un ordre de grandeur supérieur ; le bruit, la pollution et la consommation de carburant ne concernent pas le vélo.

Le vélo entretient des relations singulières et ambiguës avec la voiture particulière automobile. En effet, les deux industries étaient à l'origine liées avant de se séparer. Puis l'industrie automobile est devenue bien plus grande. Le développement de la motorisation dans les années 1950 et 1960 a engendré des problèmes, qui d'abord ont été acceptés comme rançon du progrès, puis sont devenus insupportables et ont fait l'objet d'une longue série de mesures pour les réduire : il s'agit de l'occupation de l'espace pour le stationnement, pour la circulation, de la congestion, de l'insécurité routière, de la pollution locale de l'air, du bruit, de la consommation d'énergie fossile et des émissions de gaz à effet de serre, et bien d'autres nuisances. Ces problèmes ont amené à améliorer l'automobile sur tous ces aspects, mais aussi à développer des modes alternatifs. Cependant, il ne faut pas s'y méprendre : s'il est utile de développer les modes doux, on n'obtiendra pas une réduction significative de la voiture sans dissuader l'usage de la voiture en lui-même (comme le dit Jean-Marie Guidez). On peut développer des infrastructures pour le vélo parallèlement au système automobile, mais on n'obtiendra sans doute une amélioration sérieuse des conditions et du volume de la pratique du vélo qu'au détriment de l'automobile (comme le dit aussi Alain Jund, adjoint au maire de Strasbourg, chargé de l'urbanisme, lors des *premières rencontres nationales du vélo*, à Paris, 26 janvier 2012).

Les usages alternatifs de la voiture (covoiturage, auto–partage, véhicules électriques en libre service, parcs–relais) pourraient aussi s'avérer des concurrents du vélo, pour les personnes n'ayant pas de voiture disponible, pour l'usage de l'espace urbain et pour

l'accès aux gares : s'ils sont plus vertueux que l'usage de la voiture en conducteur solo de porte à porte, ils mordent aussi sur le potentiel des modes alternatifs.

Le vélo suscite également des relations conflictuelles avec les transports collectifs, en étant souvent accusé d'être un concurrent. C'était sans doute vrai dans le passé avec certains modes et dans certaines conditions (Héran, 2012). C'est moins vrai aujourd'hui dans un système de transport dominé par la voiture, et le vélo pourrait être plutôt un allié, et même utilisé en combinaison avec les transports publics, surtout ferroviaires. Il n'en demeure pas moins que les transports collectifs peuvent aussi poser des problèmes, notamment de financement, non seulement des infrastructures, mais aussi du fonctionnement. La crise financière actuelle ne va pas aider à pourvoir aux besoins d'accroissement de l'offre pour faire face à la demande qui ne cesse de croître, notamment sur les TER et les RER. Le vélo pourrait être un moyen à bas coût de satisfaire une part de la demande excédentaire, en particulier en zone centrale, tout en offrant une option de rabattement économique en périphérie.

Finalement, les crises qui se profilent dans les transports en France, aussi bien écologique avec la question du changement climatique, qu'économique avec la récession, auront besoin de tous les modes économes en ressources naturelles et financières pour y répondre. Parmi eux, le vélo est bien sûr un excellent choix. Mais la marche aussi restera le maillon essentiel de tous les déplacements et ses conditions méritent d'être améliorées. Il y a une réelle nécessité de la mobilité *écomobile*.

### 2.4.3 Le vélo dans un contexte sociétal

Si le vélo doit être replacé parmi l'ensemble des moyens de transport, il doit aussi être situé dans le contexte sociétal dans lequel nous évoluons.

D'abord mes recherches s'intéressent au contexte français, mais elles doivent le plus souvent possible le relativiser dans un cadre international, avec une attention portée d'abord aux voisins les plus proches de la France, mais aussi aux grands pays qui comptent dans le monde, tant les enjeux y sont grands et nous concernent.

Ensuite, mes recherches doivent à la fois s'atteler à obtenir une image la plus précise possible du présent et à la replacer dans la perspective du long terme, à la fois du passé et des futurs possibles. Pour le passé, il faut conjuguer l'utilisation de sources historiques avec la mémoire des acteurs et des usagers. Pour l'avenir, il faut dépasser les scénarios issus des tendances passées avec des scénarios imposés par des futurs désirés.

Cela étant, mes recherches doivent aussi s'attacher à appréhender les valeurs, les normes sociales, les désirs, et les attitudes des personnes, qui conditionnent leurs comportements et leurs demandes latentes de mobilité. En particulier, il ne faut pas se restreindre à une vision utilitariste d'une demande de transport entièrement dérivée du besoin d'aller à la destination, mais aussi investiguer les motivations plus profondes pour se déplacer.

### 2.4.4 D'autres objets gravitant autour du retour du vélo–transport

Notre objet central de recherche est donc le retour du vélo comme moyen de transport. Mais j'ai également abordé d'autres objets de recherche.

D'autres moyens de transport alternatifs ont aussi retenu mon attention (Soulas & Papon, 2003J2, voir tome 2), d'abord la marche bien entendu, mais aussi les modes de transport collectifs, notamment les moyens de transport ferrés dans le lien qu'ils peuvent avoir avec le développement de la ville et le marché immobilier. J'ai aussi étudié des usages alternatifs de la voiture comme le partage et la location. Par ailleurs, un élément

clé de la mobilité durable de demain est la possibilité de combiner plusieurs moyens de transport pour réaliser un déplacement, et donc *l'intermodalité* est un vrai sujet.

Mes premières préoccupations ont été d'améliorer l'efficacité de la circulation urbaine, minée par la congestion, avec les redoutables problèmes d'acceptabilité et d'équité que posent des solutions économiquement évidentes comme le péage. J'ai aussi élargi à la gestion des circulations interurbaines.

J'ai également tenté d'ouvrir la question de la mobilité, à la fois dans l'espace et dans le temps, avec l'esquisse d'un panorama mondial et historique de la mobilité, tous modes confondus. Bien que purement descriptive, cette approche souffre d'un cruel manque de données, mais établit des bases pour une prospective, et l'on peut être particulièrement soucieux de la durabilité de l'évolution actuelle de la mobilité. Dans ce cadre-là, je me suis notamment focalisé sur les structures humaines qui concentrent le plus de population, et le plus de problèmes de transport, à savoir les mégapoles.

Pour tous ces objets, les impasses auxquelles conduit un développement non maîtrisé des mobilités motorisées m'ont conforté dans l'idée que le vélo s'affirme comme un mode de transport indispensable à inclure obligatoirement dans toute approche d'ensemble de la mobilité.

Nous allons voir dans le chapitre suivant les différentes problématiques auxquelles m'ont conduit ces objets de recherche, problématiques qui se développent et s'imbriquent pour constituer mon parcours de recherche.



Saturation du RER de Jakarta, Depok, Indonésie, 31/07/2009. Photo Francis Papon

# 3 Mon parcours : la quadrature du cycle

坐井观天
*Zuò jǐng guān tiān.*
(On a une vue très bornée si on) regarde le ciel du fond d'un puits (proverbe chinois).

## 3.1 Introduction : démêler le peloton

Le choix du vélo s'inscrit dans une évolution complexe de mes problématiques de recherche. L'objet de cette partie est de décrire plus explicitement la logique qui sous-tend cette évolution.

En effet, le cheminement de ma pensée ne suit pas une évolution linéaire simple, mais comprend de nombreuses bifurcations, fourches, arborescences, ainsi que des croisements, des recoupements, des maillages entre les différentes branches, et des retours en arrière et des itérations.

Par ailleurs, les problématiques se positionnent dans plusieurs dimensions : les modalités de transport, les zones géographiques concernées, les échelles géographiques d'application, les prises en compte du temps long. De plus le traitement de ces problématiques relève de différentes approches. Chacune de ses dimensions distingue des modalités correspondant à un domaine d'investigation plus ou moins prolixe (par exemple l'urbain). Ces dimensions sont aussi plus ou moins corrélées avec des approches disciplinaires, mais font souvent intervenir plusieurs disciplines simultanément.

L'inclusion d'une nouvelle modalité dans la sphère de mes recherches peut correspondre à un zoom sur une problématique, un mode, une zone, une méthode particulière, ou au contraire à un élargissement de plan, dans l'univers modal, dans l'espace ou dans le temps. Les modalités de transport et les approches correspondent plutôt à des focalisations, tandis que les échelles géographiques et les perspectives temporelles sont en général des élargissements.

L'évolution de la pensée se fait souvent dans la continuité avec les réflexions précédentes, mais quelquefois des événements particuliers, des prises de conscience peuvent bouleverser complètement le modèle de pensée antérieur, et induire un renouvellement complet de la problématique : nous appellerons ces mutations des *changements de paradigme*. Je distingue au cours de ma carrière trois paradigmes.

Le premier paradigme, dit *de l'ingénieur,* ou *du gestionnaire*, cherche à faire fonctionner au mieux le système de transport existant, avec des innovations qui ne remettent pas fondamentalement en cause le fondement idéologique de ce système.

Le deuxième paradigme, dit *du militant*, ou *du politique*, ayant pris conscience des impasses auxquels conduit le système existant, cherche à changer le système, pour le rendre compatible avec un développement durable, avec des recherches se voulant des modèles pour l'avenir.

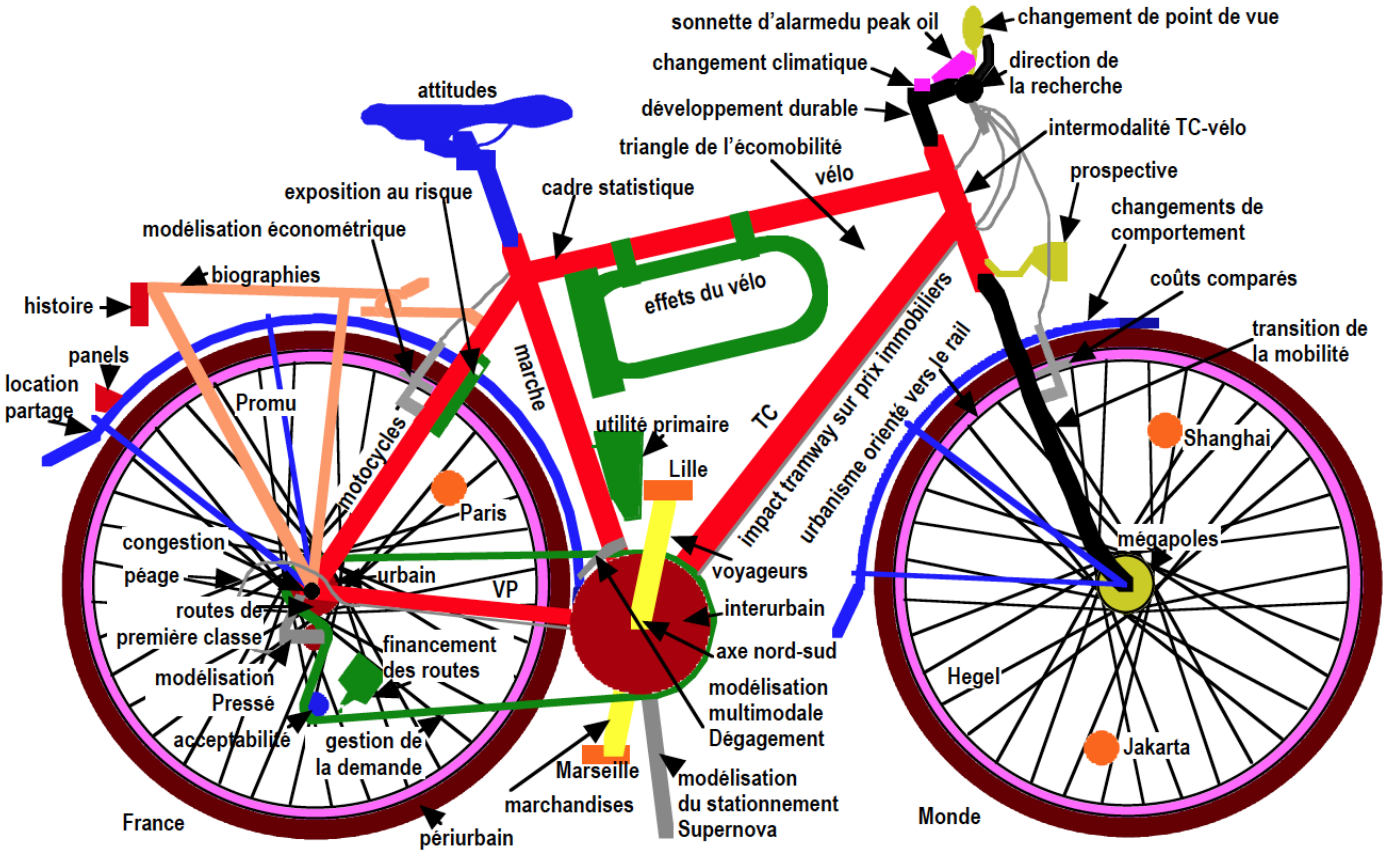
Le troisième paradigme, dit du *chercheur*, ou *du savant*, ayant pris conscience du peu d'impact que de toutes façons mes recherches peuvent avoir sur l'action politique, ne cherche pas à changer le monde, mais simplement à en améliorer la connaissance, laissant à d'autres sphères que la recherche le souci de l'action.

Ces trois paradigmes correspondent à des postures différentes que j'ai incarnées pour la conduite des recherches, car il s'agit bien de caractériser ce qui fonde et motive la

recherche, et non pas d'autres activités, comme la conception et l'exploitation du système de transport, l'action revendicative des cyclistes ou la conduite des politiques de transports, même si j'ai repris le nom de leurs acteurs.

L'ensemble de mes problématiques de recherche forme un ensemble complexe que j'ai cherché à représenter pour démêler l'écheveau qu'il constitue. J'ai d'abord pensé à dessiner un arbre, mais les différents recoupements le rendaient irréalisable. J'ai ensuite voulu projeter les différents éléments sur une carte combinant les différentes dimensions, mais une telle carte n'aurait pas rendu compte des dynamiques. J'ai songé à représenter ces dynamiques avec des flèches reliant les différents éléments, mais le résultat aurait été illisible. Finalement, ce complexe est un objet topologique singulier, et après plusieurs tentatives infructueuses, je me suis rendu compte que seul un objet compliqué mais connu, choisi *a priori,* pouvait exprimer assez bien les relations entre les différents éléments de problématique, ce qui m'a conduit à la figure 2.

**Figure 2. Schéma de mes problématiques de recherche**




Les différents éléments de la figure 2 expriment leur fonction par une transposition sémantique de leur rôle mécanique, qu'il serait trop lourd d'expliciter, ont entre eux des liens suivant leur proximité physique, et relèvent de disciplines ou d'approches suivant leur couleur : rouge pour la statistique, orange pour la géographie, vert pour l'économie et l'évaluation, bleu pour la sociologie, violet pour l'aménagement et les politiques, marron pour les infrastructures, gris pour la modélisation. Naturellement, tout ne peut être représenté sur un seul schéma. Mais le fait que la forme d'ensemble soit connue rend plus facile l'appréhension de la cohérence des problématiques.

Nous structurons la présentation de l'évolution des problématiques selon les trois paradigmes. Chaque paradigme est divisé en groupes de problématiques, formant un ensemble cohérent, comportant plusieurs éléments de problématique symbolisés sur la

figure 2. Ensuite suit une présentation des modalités des différentes dimensions des problématiques qui ont concerné mes recherches.

## 3.2 Le paradigme de l'*ingénieur* : gérer

Le premier paradigme dans lequel mes problématiques de recherche se sont inscrites est celui de l'*ingénieur*. Le but ultime était de faire fonctionner au mieux le système de transport existant. Devant le constat des inefficacités de ce système, constituant un gaspillage de ressources, dont le temps, il s'agissait d'abord de proposer des mesures pour en améliorer l'efficacité, sans oublier toutefois aussi de rendre ces mesures socialement équitables et de réduire les impacts environnementaux.

### 3.2.1 Facturer la congestion

La première problématique est celle développée dans mon DEA (Papon, 1988U) puis dans ma thèse (Papon, 1991U), à savoir celle du péage urbain.

*Le moyeu propulseur : la circulation urbaine*

La problématique du péage est née de mon expérience en tant qu'automobiliste dans la circulation urbaine, particulièrement en Île-de-France, caractérisée par une forte congestion.

*Le blocage de roue : la congestion*

Cette congestion constitue une inefficacité du système, la plus forte si on la valorise en termes monétaires. Cependant, le coût de la congestion ne doit pas se calculer par rapport à une vitesse de circulation parfaitement fluide, comme on le voit souvent écrit, mais par rapport à un niveau optimal de congestion où l'usager marginal paierait juste le prix du dommage (ou coût social) marginal qu'il occasionne en ralentissant tous les autres usagers (Papon, 1992C1).

*La commande de dérailleur : le péage*

En effet, le moyen évident de parvenir à une congestion optimale est d'instaurer un péage au coût marginal social. Je me suis vite aperçu que je n'étais pas le premier à avoir eu cette idée, et que des générations d'économistes s'y sont investis et d'ailleurs certains y travaillent encore.

*Le galet de tension : l'acceptabilité*

Le problème majeur qui a jusqu'à présent interdit de mettre en œuvre le péage urbain à grande échelle, sauf dans quelques cas isolés comme à Singapour, Londres ou Stockholm, est l'acceptabilité par le public et par suite par les acteurs politiques. Ce problème est essentiellement dû aux pertes potentielles que pourraient subir des catégories d'usagers par rapport à leur situation antérieure (Papon, 1988J ; voir §5.1.1).

*La roue libre : les routes de première classe*

Pour cela, je me suis intéressé (Papon, 1991C2) à une solution qui laisse le choix aux usagers entre la congestion sur les voies existantes, et le péage sur des voies nouvelles, que j'ai appelées « routes de première classe », assurant ainsi un service de circulation à plusieurs vitesses.

*Le dérailleur arrière : la modélisation Pressé*

Pour étudier les effets redistributifs de ces routes de première classe, j'ai eu recours à une modélisation désagrégeant différentes catégories d'usagers selon leur valeur du temps pour en estimer le surplus : le modèle Pressé, qui constitue le cœur de ma thèse. La coexistence de routes gratuites et congestionnées, et de routes à péage plus fluides garantit dans certains cas qu'aucune catégorie d'usager ne soit perdante. Même si les plus riches sont les plus bénéficiaires, la redistribution de l'espace urbain, que permet la construction de nouvelles infrastructures à péage, en faveur des piétons, des cyclistes et des transports en commun profite aussi à ces catégories.

Par ailleurs, dans les zones fortement congestionnées il peut être plus efficace de laisser le concessionnaire fixer les tarifs (Bœuf & Papon, 1990D ; Papon, 1992E1).

### 3.2.2 Évaluer les routes

Ont suivi diverses activités d'expertise et d'évaluation, notamment les deux suivantes.

*Les pignons : les projets de routes à péage*

Dans la lignée de ma thèse, et à titre d'expert, j'ai été sollicité pour évaluer le bilan coûts–avantages de projets concrets de routes à péage en milieu urbain : Laser (Marche & Papon 1989C), RSP, TEP, TOP, A86 ouest, voies souterraines en Île-de-France (Dobias & Papon, 1990J).

*Le lubrifiant : le financement des routes*

Dans le cadre d'un groupe de travail de l'OCDE, j'ai aussi fait un recensement des sources de financement des routes en France (Papon, 1998C1) montrant l'importance de la contribution des collectivités territoriales.

### 3.2.3 Gérer la demande

À l'issue de ma thèse, je me suis aperçu que, même avec des voies nouvelles, qui restent ponctuelles, le péage ne viendrait pas à bout de la congestion, et que je serai à la retraite avant qu'un homme politique en France ne propose un péage sur les voies existantes. C'est pourquoi je me suis tourné vers d'autres instruments pour gérer la demande.

*La béquille : la modélisation du stationnement Supernova*

Le stationnement est un bon exemple : car même si une tarification est appliquée, le stationnement est aussi géré par d'autres réglementations. En fait, la répression du stationnement illicite est aussi un moyen indirect de tarifer le stationnement. Dans le cadre d'un projet européen, j'ai réalisé le modèle Supernova simulant l'équilibre de l'offre et de la demande de stationnement, et l'ai appliqué dans des quartiers de quatre villes européennes : Barcelone, Birmingham, Lisbonne et Paris (Papon, 1990M29, 1990M30, 1990M32, 1990M33, 1992M35, 1992B).

*La chaîne : la gestion de la demande*

Pour en revenir à la circulation, j'ai participé à un groupe de travail de l'OCDE (1994E) sur la gestion de la congestion et de la demande pour établir un état de l'art sur les mesures applicables et des exemples de bonnes pratiques. Cependant, ces efforts sont à contre-courant des tendances observées jusque dans les années 1990 en France qui consistaient à toujours plus de trafic routier (Papon, 1998C2, voir §5.1.1).

### 3.2.4 Modéliser le trafic

À défaut de gérer le trafic, j'ai essayé de le modéliser dans le cadre d'un projet réunissant plusieurs compétences au Dest (projet Dégagement).

*L'axe de pédalier : l'axe Nord-Sud français*

Il s'agissait cette fois de répondre à la problématique de la congestion sur un axe interurbain et de déterminer la stratégie à mener pour faire face au développement des trafics de longue distance tout en répondant aux soucis opérationnels des exploitants, d'équité des pouvoirs publics, et d'environnement. Les activités préliminaires ont délimité les pratiques tarifaires actuelles (Papon & Faivre d'Arcier, 1993M1), les contraintes institutionnelles (Papon & Papinutti, 1993M2), la congestion (Papon *et al.,* 1992M3) et le cadrage théorique de sa tarification (Papon, 1992M4).

Le projet intégrait marchandises et voyageurs, et tous modes de transport de longue distance.

*La manivelle gauche : les marchandises*

La demande de trafic de marchandises était analysée à l'aide d'un modèle spécifique, développé dans le cadre d'une thèse (Marmorstein, 1995U ; Papon *et al.,* 1995M5).

*La manivelle droite : les voyageurs*

Pour les trafics de voyageurs, le projet s'appuyait sur le modèle Matisse (Morellet & Marchal, 1995 ; Papon, 1995M6).

*Les plateaux : les réseaux interurbains*

Au centre du projet se trouvait la modélisation multimodale de l'offre multimodale de transport : réseaux et services routiers, ferroviaires, et aériens (Papon *et al.,* 1995M7), ce qui a consommé beaucoup de temps et de données.

*Le dérailleur avant : la modélisation multimodale*

À partir de tous ces éléments, le projet devait analyser différents scénarios qui ont été décrits (Papon, 1995M14). Malheureusement, le caractère d'usine à gaz du projet, qui reposait sur les apports et bonnes volontés de collègues, et sur des compétences spécifiques en informatique recrutées pour l'occasion, mais perdues suite au départ de l'informaticien, n'a pas permis d'arriver à son terme prévu.

Toutefois, c'est à l'occasion de l'inaboutissement de ce projet que j'ai pu remettre en cause le sens de l'activité de recherche : la recherche publique devait-elle forcément répondre à des préoccupations immédiates, opérationnelles ou stratégiques, du ministère de tutelle, ou au contraire, devait-elle prendre de la distance, pour mieux appréhender les enjeux de long terme du système de transport ? Cela a entrainé un changement dans le paradigme régissant l'activité de recherche.

## 3.3 Le paradigme du *militant* : changer

Le deuxième paradigme qui a guidé mes activités de recherche s'est inscrit dans le constat que la seule gestion du système de transport existant n'était pas en mesure de faire face aux enjeux auxquels il devait répondre. En même temps, des révélations de ces enjeux, que l'on peut appeler pour simplifier du développement durable, me sont successivement apparues. Face à ce constat, la réponse est de changer radicalement le système. Les recherches devaient donc s'atteler à aider ce changement.

### 3.3.1 Prendre conscience des enjeux

La prise de conscience des enjeux du développement durable s'est imposée non seulement à mes recherches, mais à l'ensemble de la recherche sur les transports dans le monde dans les années 1990. Voyons comment je l'ai personnellement vécue.

#### *Le rétroviseur : le changement de point de vue*

« *Congestion is the solution, not the problem* » (Jeremy Parker, urbancyclist-uk-digest December 4, 1998).

Le premier déclic a été, comme pour le premier paradigme, mon expérience personnelle. En remplaçant, d'abord une fois par semaine (1994), la voiture par le vélo comme moyen de transport, par souci de rentabiliser l'achat de mon vélo et d'entretenir ma forme, j'ai eu immédiatement un autre point de vue sur la circulation urbaine. J'ai pu notamment voir la débauche d'énergie que représentait la voiture, pour finalement ne pas aller plus vite qu'à vélo, ce que Ivan Illich (1973) avait déjà noté. J'ai ressenti directement les dommages qu'elle imposait à l'environnement urbain : bruit, pollution locale de l'air. Je me suis rendu compte à quel point mes compétences de conducteur étaient insuffisantes, et j'ai dû fortement les améliorer pour gérer la conduite d'un vélo au milieu de l'insécurité imposée par les véhicules motorisés. J'ai compris la déshumanisation du rapport social sur la voie publique qu'ils entraînaient, parfois avec une agressivité à laquelle la seule réponse à apporter était une stratégie à double détente : l'assertivité (Forester, 1976), ou sinon la fuite (voir §4.1.6). Ma première vraie prise de conscience des dommages que l'automobile inflige a été pour moi l'intervention du Professeur Hermann Knoflacher à Budapest en 1993 : « *Die Bevorzugung des Fußgängers, des Radfahrers und des öffentlichen Verkehrs, sind Maßnahmen, die man im Sinne des Gesamtverkehrskonzeptes so schnell wie möglich dazu führen soll, um die ungeheure Privilegien, wie sie der motorisierte Individualverkehr auf Kosten aller anderen Verkehrsteilnehmer angewendet hat, abzubauen* »[19].

#### *La sonnette : l'alarme du* peak oil

C'est en Australie occidentale, en écoutant une conférence de Brian Fleay (1996), que j'ai eu la révélation du pic de production de pétrole (Papon, 1996B). Ce pic inéluctable entraîne une remise en cause d'un système de transport fondé sur une source d'énergie abondante et bon marché. Mis en évidence par des géologues, et popularisé par l'Aspo (*Association for the Study of Peak Oil*, fondée par Colin Campbell), le pic est maintenant admis par l'Agence Internationale de l'Énergie et les compagnies pétrolières, et largement documenté (Wingert & Hivert, 2010).

Compte tenu des possibilités de fabriquer des carburants liquides à partir d'autres sources que le pétrole (agrocarburants, procédé de Fischer–Tropsch), malgré les problèmes d'environnement qu'elles posent, ou de propulser les voitures avec d'autres modes d'alimentation (électrique, hydrogène), le problème pour les transports routiers est plus une question de disponibilité énergétique globale. De toutes façons, il faut réduire drastiquement la consommation d'énergie dans les transports.

#### *Le compteur : les émissions de CO2*

Sur la base des informations scientifiques fournies par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) depuis 1988, et avec le sommet de Rio en 1992, le monde a pris conscience du changement climatique induit par l'homme, et a pris des engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre,

[19] Des traitements de faveur pour les piétons, les cyclistes, et les transports publics, sont des mesures qui, en termes de concept global du trafic, doivent être prises aussi rapidement que possible afin de réduire l'énorme privilège, dont le transport motorisé privé a fait usage au détriment de tous les autres usagers de la route.

avec le protocole de Kyoto en 1997. Pour la France (Radanne, 2004), la prise en compte de la limitation du réchauffement planétaire a abouti à l'objectif du facteur 4 de réduction à l'horizon 2050, ce qui sera très difficile à atteindre dans le secteur des transports, pour lequel le CO2 constitue la quasi-totalité des gaz à effet de serre émis.

J'écrivais le 3 décembre 1993 : « Les transports publics, quelque puisse être leur nécessité sociale, technique, économique et environnementale par ailleurs, ne sont peut-être pas le moyen le plus efficace de lutter contre l'effet de serre, compte tenu de leur faible part modale, et du coût élevé d'une augmentation suffisante de cette part pour réduire significativement la mobilité automobile : pour des dépenses comparables, une modification de la carburation des véhicules est selon certains auteurs plus efficace pour réduire les émissions de CO2. » Toutefois, les engagements volontaires des constructeurs ne suffisent pas, et une réduction sévère de la taille et de la puissance des véhicules est nécessaire (Cuenot & Papon, 2007C3). Et je pense aussi maintenant qu'une réduction forte de l'usage de la voiture est inévitable, ce qui nécessite le recours à d'autres modes, dont bien sûr le vélo.

Depuis le début les recherches au Dest ont pris en compte les émissions de CO2, et c'est resté un thème de recherche majeur.

*La potence : le politiquement correct du développement durable*

Le discours du développement durable est devenu une norme dans la communication institutionnelle et d'entreprise, même de la part de ceux dont les actions ou les produits vont à l'encontre de ce développement durable, il suffit de mettre en avant un progrès environnemental (c'est le *greenwashing*).

Dans le même temps, les militants environnementaux brandissent cette norme pour légitimer leur action : ils se disent les acteurs authentiques du développement durable, et ils dénoncent l'usurpation des firmes et des gouvernements. Le mouvement cyclo–écologiste s'inscrit dans cette mouvance (Lambert, 2004). Il faut dire que les conditions rencontrées par les cyclistes urbains dans les années 1990 en France ne leur permettaient pas de survivre sans être en même temps revendicatifs.

*Le guidon : la direction de la recherche*

À partir du moment où les exigences du développement durable remettaient en question le système de transport existant, il devenait naturel que la recherche ne visât plus seulement à l'améliorer, mais plutôt et surtout à le changer. Et la clé de ce changement n'est plus une optimisation du véhicule particulier, mais une réduction sérieuse de son usage. La recherche devait donc chercher les moyens d'arriver à cette réduction.

### 3.3.2 Infléchir les comportements

Ainsi, le changement des comportements de mobilité est devenu un leitmotiv des recherches du Dest dans les années 2000 (Madre *et al.*, 1999C, 2002E1, voir tome 2).

*La roue motrice : le projet fédérateur Promu*

Suite à des réflexions sur la mobilité dans les grandes agglomérations, l'équipe Économie de l'Espace et de la Mobilité (EEM) du Dest a monté un projet fédérateur « Prospective de la mobilité dans les métropoles » plus tard appelé Promu (1999-2004) et que j'ai co-dirigé. La question centrale était : « Comment un territoire métropolitain et ses réseaux de communication peuvent-ils évoluer à horizon de 20-25 ans en conciliant de forts potentiels de développement économique (les métropoles sont en compétition), des degrés d'équité et de cohésion sociale acceptables par ses populations dans leur diversité et une maîtrise encore beaucoup plus affirmée qu'aujourd'hui des atteintes à l'homme et à l'environnement et des dysfonctionnements majeurs des systèmes ? »

Le projet était plus particulièrement centré sur l'Île-de-France.

### *Les rayons : les différentes recherches*

Le projet montait d'abord un scénario au fil de l'eau, devant servir de référence pour une prospective des trafics en Île-de-France reposant sur des scénarios d'offre et de croissance économique (Papon, 2002B2, voir tome 2).

La faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense de l'Île-de-France, en recherchant un autre état d'équilibre stable avec une autre répartition modale, a aussi été étudiée avec *Pari 21* (Massot *et al.,* 2002), qui a notamment évalué le potentiel de transfert des déplacements de la voiture vers le vélo. Ainsi, 22% des conducteurs pourraient marcher, aller à vélo, ou en transport en commun, sans pénalisation excessive de leur temps de trajet quotidien, et même 8% gagneraient du temps (on exclut ceux qui ont des achats hebdomadaires ou des passagers à transporter). Pourtant, cette étude a pris des hypothèses très restrictives pour l'usage du vélo.

Le projet a ensuite mis au point un système d'indicateurs pour l'évaluation prospective de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine (Gallez, 2002), qui représente un effort de clarification des concepts, de définition de formulations, et de traitement des données. Il assure une bonne prise en compte des indicateurs environnementaux, mais la complexité des indicateurs sociaux les rend difficilement applicables.

Un numéro spécial de *Recherche Transports Sécurité* faisait le point à mi parcours (Hivert & Papon, 2002B1), et questionnait : « La mobilité joue sans conteste un rôle central dans le système urbain. Quels devenirs possibles dans cette complexité urbaine ? Quel développement promouvoir pour réduire ces inégalites sociales et pour tenter de préserver l'environnement et finalement une certaine qualité de vie urbaine ? Comment concilier ou réconcilier automobile et développement durable pour la ville ? Si la problématique du développement durable nécessite une vision stratégique, englobant des politiques intégrées, il nous semble qu'elle doit avant tout s'ancrer dans une réflexion coordonnant les questions de transport et d'urbanisme, tant celles-ci paraissent de plus en plus intimement imbriquées. »

D'autres recherches liées ont également été effectuées, parmi lesquelles le test d'une enquête légère longitudinale de suivi de la mobilité en Île-de-France (Papon *et al.,* 2001M1).

Le projet a été évalué par le conseil scientifique de l'Inrets (Hivert & Papon, 2003M2 ; « résultats obtenus très significatifs »), et s'est terminé par un séminaire de clôture (Papon, 2004K2).

### *Le frein arrière[20] : la modélisation économétrique*

Pour projeter la mobilité en voiture particulière et en transport collectif en Île-de-France à l'horizon 2020, nous avons utilisé des équations économétriques estimées à partir de l'évolution observée depuis 1980 (Papon, 2002B2, voir tome 2). L'innovation de la méthode est de prendre en compte l'évolution de facteurs structurels (répartition de la population par âge, couronne de résidence et motorisation). A partir d'hypothèses sur l'évolution des facteurs explicatifs restants (revenu, prix et offres de transport), il est possible d'estimer les trafics dans un scénario au fil de l'eau et de tester la sensibilité aux facteurs explicatifs. Malheureusement, il n'est pas possible de prévoir la réponse à

[20] Je n'expliciterai pas toutes les dénominations, mais ici par exemple on peut considérer que la modélisation économétrique est un frein, car elle vise à savoir freiner la mobilité en voiture particulière, mais finalement la modélisation économétrique est peut-être un frein à la recherche, car elle ne permet pas de simuler des situations inédites mais souhaitées ; d'ailleurs le frein arrière freine la roue arrière, qui représente le projet Promu.

des situations de rupture qui n'ont pas été observées dans le passé, et qui sortent du domaine de validité de ce modèle.

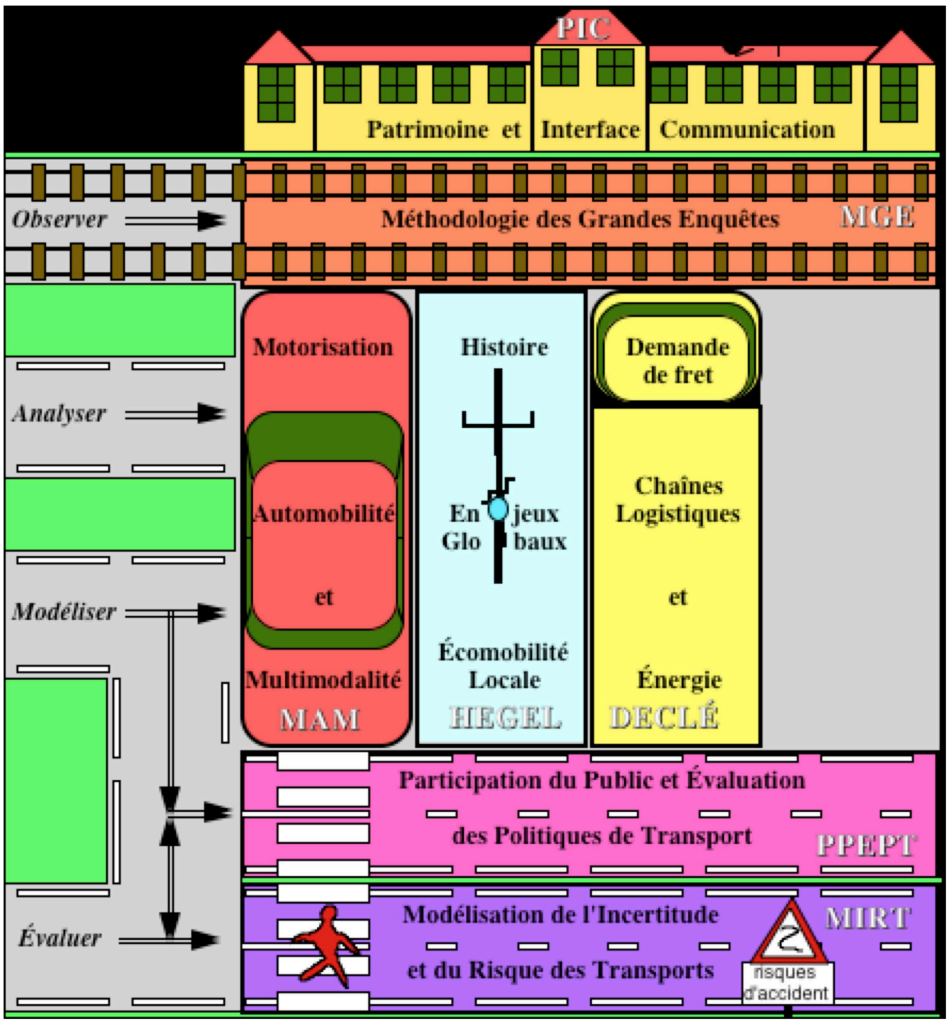
### 3.3.3 Penser global, agir local

Suite au projet fédérateur Promu, centré sur Île-de-France, j'ai voulu élargir la problématique à la fois dans l'espace et dans le temps.

*La roue directrice : le thème Hegel*

J'ai fédéré mes recherches avec le thème Hegel (Histoire, Enjeux Globaux, Écomobilité Locale), juxtaposé aux autres thèmes de l'équipe : Motorisation, Automobilité et Multimodalité, et Méthodologies des Grandes Enquêtes (figure 3). Le thème Hegel replace ces pratiques multimodales de mobilité dans un cadre mondial, et dans le temps long, et tente de faire le pont entre des enjeux forts que cette mobilité fait peser au niveau mondial, et des solutions à mettre en œuvre au niveau local. Dans la continuité du projet Promu, l'accent est mis sur les métropoles, où les dynamiques à l'œuvre sont les plus exacerbées.

**Figure 3. Schéma des thèmes du Dest pour le contrat quadriennal 2006-2009**




*La fourche : la transition de la mobilité*

L'élargissement de l'analyse de la mobilité au niveau mondial et sur le long terme a fait apparaître les questions posées par le passage d'une mobilité jadis essentiellement à pied à une mobilité aujourd'hui essentiellement motorisée, phénomène que j'appelle

*transition de la mobilité*. Quand ce passage a-t-il eu lieu, dans chaque région du monde ? Y a-t-il eu plusieurs phases, c'est-à-dire certains modes ont-ils servi de relais entre la marche et la voiture ? Lesquels ? Y a-t-il eu plusieurs modèles de motorisation selon les régions du monde ? Même s'il est difficile d'avoir des données exhaustives sur le monde entier et sur longue période, j'ai esquissé quelques schémas (Papon, 2001C3, 2003K3, 2003K4, 2004C2, voir tome 2, 2004K1 ; voir §5.3.2 ; Cuenot *et al.*, 2010U ; Roux, 2012U). Je me suis plus particulièrement intéressé à l'évolution de la marche et du vélo (Papon, 2000D4, 2002E2, voir tome 2, 2009E), qui est absente des études existantes.

*Le frein avant : la comparaison des coûts*

Pour regarder le phénomène de la motorisation de la mobilité, il est nécessaire d'étudier ce qui la freine ou la favorise, en particulier les coûts associés à l'usage des différents moyens de transport, particulièrement dans les villes, où la concurrence modale est la plus forte, et où aussi il y a plus de données. Pour ce faire j'ai encadré plusieurs travaux comparant les coûts des différents modes dans plusieurs métropoles (Gbahoué, 2006U ; Yeh, 2009U).

*Le feu avant : la prospective*

La prospective de la mobilité était déjà la question centrale dans le projet Promu. Si l'on élargit la perspective, elle est évidemment une question clé pour les enjeux du développement durable, que j'ai discutés dans la *plateforme intégratrice* de l'Inrets (maintenant *groupe d'échanges et de recherches* Ifsttar) : *Énergie, effet de serre et transports*. Mais on se rend bien vite compte que de nombreux travaux se réclament de cette prospective. De là vient la nécessité de faire un recensement (Papon *et al.*, 2008M2, 2008M3) et de distinguer plusieurs types de prospective.

*Le feu arrière : l'histoire*

Cependant, il est bien ambitieux de chercher à connaître le futur si le passé est mal connu. C'est pourquoi la recherche de données sur l'histoire de la mobilité a été une de mes préoccupations premières. Mais c'est difficile, tant les données quantitatives anciennes sont rares. C'est pourquoi j'ai cherché à palier cette rareté, d'abord en faisant des hypothèses simplistes, par exemple "temps de déplacement constant" dans le passé selon la conjecture de Zahavi (1973), ou en développant de nouvelles données en faisant appel à la mémoire des gens avec des recueils biographiques (Papon *et al.,* 2010M4).

### 3.3.4 Apprendre des mégapoles

Les mégapoles sont les agglomérations de plus de 10 millions d'habitants. On en recensait 27 en 2008 ; mais établir une définition homogène de ces agglomérations dans le monde est une lourde tâche (Moriconi-Ébrard, 2000). C'est dans ces plus grandes concentrations urbaines que la mobilité pose les questions les plus aiguës en termes de besoin quantitatif, d'efficacité du service, d'équité sociale, ou encore d'environnement.

*La dynamo de moyeu : l'action PMG*

Pour étudier ces enjeux, j'ai coordonné une action spécifique de l'Inrets sur les *Perspectives Métropolitaines Globales* (PMG), suite à la motion lancée par Étienne Henry (2004M3). En voici le résumé : « Heur ou malheur, les mégapoles mondiales ont crû de dix à trois cent millions d'habitants en un demi-siècle : quels enseignements tirer de ces nouvelles formes de concentration urbaine ? Le bâti, ses réseaux et ses infrastructures, mais aussi l'énergie, la pollution, l'insécurité et la massification sont autant de défis ou de tributs. Voyager dans de telles métropoles, dont les systèmes ont

des caractéristiques opposables, pose des difficultés incontournables. Les questions mégapolitaines voudraient ici être posées à partir de leurs transports, en commun, en voiture ou autres. »

L'action étudiait d'abord quatre terrains : Paris, São Paulo, Séoul et Shanghai ; je me suis chargé de Shanghai. Puis d'autres mégapoles ont aussi été abordées (Mumbai, Téhéran, Buenos Aires), ou incluses dans le séminaire final du 9 avril 2008[21]. La comparaison des mégapoles est particulièrement riche d'enseignements (Allaire, 2008) : par exemple, les niveaux de fréquentation des réseaux de transport en commun sont très différents suivant les mégapoles, avec des structures modales contrastés. La clé d'un transfert modal vertueux repose plus sur une modification des prix relatifs et des vitesses relatives des différents modes, que sur la construction de nouvelles infrastructures.

### *Un catadioptre : le terrain de Paris*

Paris était déjà l'objet du projet Promu, où un séminaire a en particulier analysé les enjeux du plan de déplacement urbain de la région Île-de-France de 2000 (Coindet & Papon, 2001K1, 2001K2 ; Papon & Soulas, 2001D). À Paris, la motorisation est plus forte en grande couronne que dans le centre. C'est l'inverse dans le mégapoles en développement, et c'était l'inverse aussi à Paris avant les années 1960 : en fait la motorisation se diffuse du centre vers la périphérie, mais la saturation arrive plus vite au centre. La comparaison de différentes villes peut nous apprendre s'il y a plusieurs moyens de gérer cette saturation, et si les résultats finaux sont différents selon les politiques appliquées.

À Paris, depuis les années 1990, l'offre routière est limitée, et l'accent est mis sur les transports en commun, jusqu'à récemment avec le projet de Grand Paris (Papon, 2011C3). Mais quelle place est accordée au développement du vélo ?

### *Un catadioptre : le terrain de Shanghai*

Shanghai a été mon terrain privilégié pour l'action PMG (Papon *et al*., 2006M2). Cette mégapole de l'est chinois est en plein développement économique et urbain. La question principale était de voir comment les comportements de mobilité changeaient dans ces conditions (Gbahoué, 2006U).



Voiture du métro ligne 2 de Shanghai, 12/08/06. Photo : Francis Papon

[21] http://www.megapole.org/

Une autre particularité, les deux-roues thermiques étant interdits dans la zone centrale, est le développement important des deux-roues électriques (Yeh *et al.,* 2010B1, voir tome 2), qui comprennent l'équivalent des vélos à assistance électrique, mais aussi des cyclomoteurs électriques. Malgré une production d'électricité à base de charbon, cette solution de mobilité est favorable à l'environnement (Cherry, 2007).

*Un catadioptre : le terrain de Jakarta*

Après la fin de l'action PMG, une coopération franco-indonésienne m'a amené à étudier le cas de Jakarta (Papon *et al.,* 2011M1). Le développement économique y est plus lent qu'à Shanghai, mais les problèmes de transport y sont plus aigus. Devant la congestion routière redoutable, et l'insuffisance criante de capacité des transports en commun, les deux-roues (thermiques) y sont le mode principal, et les vélos, et même les piétons sont de fait exclus de la voirie.

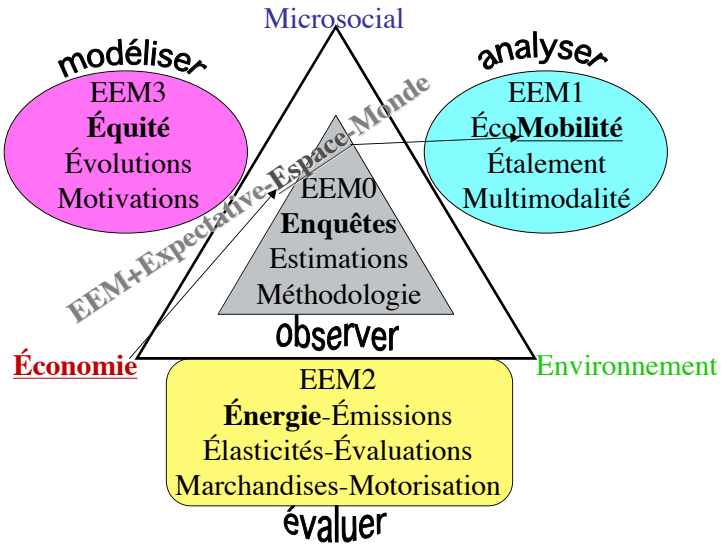


Circulation dans la banlieue de Jakarta, 31/07/09. Photo : Francis Papon

### 3.3.5 Restructurer l'équipe

Après le thème Hegel, pour mieux exprimer les enjeux, j'ai coordonné la restructuration de l'équipe Économie de l'Espace et de la Mobilité (EEM) autour du triangle du développement durable, avec quatre thèmes (figure 4).

**Figure 4. Structuration des thèmes de l'équipe EEM pour 2010-2013**



### *La conception du cycle : EEM0 Enquêtes, Estimations, Méthodologie*

Les besoins d'information, d'analyse et de modélisation sont de plus en plus gourmands en données, mais si nous alourdissons la charge des enquêtés, la qualité des données recueillies s'en ressent. En effet, l'information collectée lors d'une enquête n'est jamais complète. Même si l'enquête est obligatoire, certains ménages sont difficiles à joindre ou refusent de répondre. Quand le contact est établi, tous les questionnaires ne sont pas toujours remplis et retournés. Et même dans un questionnaire rempli, notamment lorsque les questions sont trop complexes, certaines informations peuvent manquer ou s'avérer imprécises (par exemple en raison d'arrondis), inexactes ou incohérentes. Un des verrous scientifiques en statistique est : quelles informations devons-nous collecter et quelles méthodologies adopter afin d'analyser la mobilité en minimisant les biais d'estimation ? (Jimmy Armoogum)

### *Le cadre : EEM1 Écomobilité, Étalement, Multimodalité*

La disponibilité des données de l'Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008, croisée avec d'autres sources, est l'occasion d'analyses innovantes :

Comment la marche évolue-t-elle et est-elle pratiquée dans les rabattements et correspondances ?

Comment le vélo évolue-t-il dans les différents territoires, est-il stationné, peut-il être utilisé en intermodalité avec les transports collectifs, est-il exposé au risque ?

Comment les deux-roues motorisés évoluent-ils en parc et en usage ?

Que sait-on sur les pratiques et habitudes multimodales et intermodales ?

Qu'en est-il du taux d'occupation des véhicules ?

Comment évoluent les structures spatiales des déplacements, les modes de déplacement selon les différentes modalités géographiques (région, urbain, périurbain, "grappes de villes", etc.), et les formes urbaines face aux structures spatiales des déplacements ? (Hubert, 2009)

Et bien sûr les questions traditionnelles sont toujours présentes : loisirs et tourisme, mobilité quotidienne et non quotidienne longue distance, modes de déplacement domicile–travail et alternatives. Des questions innovantes sont aussi introduites avec les itinéraires suivis (traces GPS), l'utilité primaire des déplacements, et l'évolution individuelle de la mobilité (biographies).

### *La transmission : EEM2 Énergie–Émissions, Élasticités–Évaluations, Marchandises–Motorisation*[22]

Cette structure intégrée voyageurs et marchandises nous semble être un lieu privilégié pour traiter globalement des questions de mobilités durables, mettant en avant les questions d'énergie et d'effet de serre, sans négliger différentes questions économiques et sociales (inégalités, prix des énergies et fiscalités, incitations économiques, notamment à la suite des travaux du Prédit), qui s'y rattachent. Essentielle pour anticiper demain, cette intégration inhabituelle des deux domaines nous semble également souhaitable dès aujourd'hui, avec un contexte particulier, post-Kyoto et post-Grenelle, marqué :

- par la tendance « jamais vue » et quasi ininterrompue à la hausse des prix des carburants des années 2000, avec un effet sur l'infléchissement, voire la baisse, des circulations et mobilités ;

[22] Abrégé en *Énergie-Émissions des Mobilités*

- à plus ou moins brève échéance, par la raréfaction des ressources pétrolières, à laquelle s'ajoutent les préoccupations liées au changement climatique qui devrait pousser à anticiper cet épuisement ;

- mais aussi apparemment par un déficit d'approches systémiques des questions urbaines et de mobilité durable des personnes et des produits... (rapport *Agora*, Bain *et al.*, 2008). (Laurent Hivert)

*Le câblage : EEM3 Équité, Évolutions, Motivations*

Quelles sont les disparités induites par l'accès aux modes et leur usage, non seulement en synchronique, mais surtout en diachronique ? Suite à une longue tradition d'analyse des inégalités face à la mobilité et de leurs évolutions, nous nous demandons comment décloisonner les approches sectorielles, notamment logement et transport. Le thème poursuit également des travaux que nous avons menés antérieurement sur la problématique de la dépendance automobile : qui sont ceux qui par choix ou par contrainte, voire manque d'alternative (le thème entretient donc des liens étroits avec la question de l'étalement urbain), ne peuvent se passer d'automobile ? Statistiques descriptives sur grosses enquêtes, voire modélisation économétrique sur données de panel, entretiens sociologiques en profondeur, et analyse systémique, toutes ces approches et disciplines peuvent être mises à contribution pour voir comment cette « dépendance » continue d'évoluer.

## 3.4 Le paradigme du *chercheur* : connaître

Ayant rendu l'affichage des recherches de mon équipe compatible avec le discours politiquement correct du développement durable, et tout en étant convaincu du bien-fondé de ce procédé, qui est le seul possible compte tenu de l'importance des enjeux, j'ai constaté un décalage entre l'ambition des thématiques affichées, et la modestie des résultats réels apportés par la recherche. En fait, cette dernière ne peut fournir que des éclairages ponctuels bien qu'utiles par rapport à l'ampleur des problèmes. De plus, ces idées ne peuvent aider à les surmonter que s'ils sont repris par l'action politique. C'est rarement le cas comme nous l'avons vu avec le péage urbain, ou si elles sont reprises, ce n'est qu'à l'issue de longues tractations avec les différents groupes de pression. Ces derniers peuvent amener à édulcorer les mesures en les vidant de leur efficacité, par exemple lors de la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Toutefois, il y a des progrès sur le long terme, mais leur suivi me semble en dehors du champ de mes problématiques de recherche, la mise en œuvre des mesures est du ressort du politique, et je préfère séparer l'action militante de l'activité de recherche. À partir de ce constat vient le troisième paradigme, celui du *chercheur*, beaucoup plus humble dans ses ambitions, qui consiste à se contenter d'améliorer les connaissances. Pour autant, il est sans doute le plus difficile, car plus on étudie une question, plus on se rend compte de l'étendue de son ignorance : « la vraie science est une ignorance qui se sait » (Montaigne).

### 3.4.1 Tabuler l'écomobilité

Pour améliorer les connaissances sur les modes de transports jusqu'alors peu étudiés que sont le vélo et la marche, ma première préoccupation a été de produire des statistiques fiables sur l'usage de ces modes, notamment à partir de l'Enquête nationale sur les transports et communications de 1993-1994, et de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008 (Papon, 1997B, voir tome 2 ; Papon & de Solère, 2010B2, voir tome 2), en mettant en évidence l'évolution, ce qui est permis par la comparabilité des enquêtes, et en me concentrant sur la mobilité locale.

*Le tube supérieur : le vélo*

Il devenait enfin possible de distinguer le vélo parmi les deux-roues. J'ai fourni des statistiques nationales sur la pratique du vélo comme mode de déplacement (Rousset & Papon, 1996D2 ; Papon, 1997M2), fait une typologie de son usage (Papon, 1999M1, 2000D1), traité toutes les enquêtes locales (Papon & Julien, 1999M3), fait un bilan historique (Papon, 1999M4, 1999M5, 2000D3), et observé le retournement de tendance (Papon, 2001C1) confirmé par la dernière enquête nationale (Papon & de Solère, 2010B2, voir tome 2).

*Le tube de selle : la marche*

La marche est paradoxalement plus difficile à appréhender comme moyen de transport, car elle concerne tout le monde, et assure une partie de presque tous les déplacements, avant ou après avoir utilisé un véhicule et est donc plutôt mal appréhendée par nature dans les enquêtes de mobilité. J'ai donc étudié ces usages de la marche, qui étaient mal distingués dans l'enquête de 1993-1994 (Papon, 1999M2, 2000D2, 2001C2), mais mieux dans celle de 2007-2008 grâce à l'inclusion d'une question à mon initiative sur le temps de marche au cours du déplacement, et j'ai aussi observé un retournement de tendance (Papon, 2001C1 ; De Solère & Papon, 2009D2).

*Le tube diagonal : les transports collectifs*

Dans les tableaux de répartition modale, pour différentes mesures (déplacements, distances, temps), il faut bien sûr inclure tous les modes, et notamment les transports collectifs, ce qui se complique dès que l'on aborde les différents modes de transport collectif (lignes régulières ou ramassage, ferrés ou routiers, urbain ou non urbain, etc.), et l'énorme combinatoire qu'ils permettent entre eux, et avec les autres modes (Soulas *et al.*, 2011M2, pp.109-118 écrit par Séverine Febvre, Jean-Claude Poreau, Thibaut Sarrazin).

*Les bases : la voiture particulière*

La voiture particulière est le mode dominant qui doit bien entendu être présent dans les tableaux, en distinguant son usage à titre de conducteur et son usage à titre de passager, ce qui est important pour le calcul des bilans énergétiques et émissifs. Ce mode peut aussi être étudié, pour son usage et son équipement, à partir d'une source spécifique (Parc-Auto), et a fait notamment l'objet de la thèse de Roger Collet (2007U).

*Les haubans : les motocycles*

Les motocycles sont aussi rarement distingués, et il est utile de distinguer différentes catégories, et d'abord cyclomoteur et motocyclette (Papon, 1997B, voir tome 2). Les enquêtes nationales sur les transports permettent une première appréhension, complétée par ParcAuto, mais le recueil auprès des ménages débouche immanquablement sur des effectifs de petite taille, difficilement analysables pour des croisements de variables, d'où l'idée du SOeS de systématiser une enquête deux-roues motorisés par tirage à partir du fichier des cartes grises.

### 3.4.2 Évaluer l'écomobilité

Au delà des statistiques sur leur usage, il est nécessaire d'évaluer l'ensemble des effets produits par les modes écomobiles, à la fois les effets marchands directs et indirects, et les effets non marchands qu'il faut tenter de valoriser.

*Les câbles de dérailleur : l'impact du tramway sur les prix immobiliers*

Un des effets des infrastructures de transport, de par l'amélioration de l'accessibilité qu'elles permettent, est la valorisation foncière et immobilière, et l'induction de la construction de bâtiments et de la création d'activités économiques (Alonso, 1964). Un moyen de mesurer ces effets est l'estimation de modèles hédoniques. Les exploitants et les pouvoirs publics se posent la question de récupérer la plus-value engendrée. C'est pour étudier ces questions dans le cas du tramway T2 dans les Hauts-de-Seine qu'une thèse d'Élise Boucq (2008U) a été menée (Boucq & Papon, 2007C2, 2008A1, voir tome 2). Cette méthode a ensuite été appliquée au tramway T3 à Paris (Nguyen-Luong *et al*., 2010C2).

*Le cadenas : les effets du vélo*

Si des méthodes éprouvées existent pour l'évaluation des effets de la voiture et des transports collectifs (Boiteux, 2001), peu de travaux recensent ceux des modes actifs.

L'écologie, l'économie et la santé sont trois arguments qui reviennent dans toutes les conférences sur le vélo pour privilégier ce mode de transport (Carré *et al.,* 1998B). Pour prendre en compte tous les effets des modes actifs, j'ai effectué un bilan, à la fois pour l'individu (Papon, 2002J1, voir tome 2, 2002J2, voir tome 2) et pour la collectivité (Papon, 2002J3, voir tome 2, 2009D1).

*L'antivol de cadre : l'exposition au risque*

Si le risque d'accident à vélo est d'un ordre de grandeur inférieur à l'avantage que l'exercice physique apporte à la santé, il n'en demeure pas moins un sujet d'étude important pour connaître ce risque, par rapport aux autres modes, en fonction des lieux, en fonction des individus, en fonction des pratiques (recherche en cours Aver sur le département du Rhône).

*La clé : la santé*

Mais comme nous l'avons vu au §2.2.2, le vélo est un formidable moyen pour améliorer la santé, à titre individuel et collectif (Papon, 2003K2), et par conséquent la santé devrait être un formidable argument pour promouvoir le vélo, ce qui est le cas aux États-Unis, mais pas encore en France (Papon, 2002Q1, 2005P1).

### 3.4.3 Renouveler l'offre

Pour favoriser l'usage du vélo, il est nécessaire de proposer différentes offres, en lien avec les formes urbaines. En centre-ville, des services comme les vélos en libre service sont bien adaptés. Mais dans d'autres territoires, il faut être plus imaginatif, et s'allier avec les transports collectifs, et même orienter les formes urbaines souhaitables.

*Le tube de direction : l'intermodalité transports collectifs–vélo*

Le principal inconvénient du transport collectif est qu'il ne permet pas une desserte porte à porte et une irrigation fine du territoire, tandis que le vélo est limité dans la portée de ses déplacements. C'est pourquoi la combinaison des deux peut offrir un service compétitif et alternatif à la voiture. Mais quelles sont les solutions techniques à mettre en œuvre pour développer cette intermodalité ? Et quelles sont les conditions nécessaires pour que les usagers utilisent ces solutions ? Telles sont les questions principales du projet Port-vert (Soulas *et al.*, 2011M2, voir §6.2.1).

*Le pneu : la desserte du périurbain*

Desservir les territoires périurbains avec l'objectif de desserrer la dépendance automobile pose des problèmes considérables d'organisation et de coûts. Le vélo peut contribuer à la solution de deux manières : par des trajets effectués intégralement en vélo ou par des rabattements vers des axes de transport collectif performants, en tant qu'alternative a priori plus économique et écologique que les rabattements motorisés (parcs relais, accompagnement, circuits de bus ou minibus, transports à la demande). Établir le bilan économique et la faisabilité sociale de cette solution est une nécessité[23] (proposition Vert en cours).

*La jante : l'urbanisme orienté vers le rail*

La domination de l'automobile a permis un développement diffus de l'urbanisation autour des villes. Mais cette forme d'urbanisation entraine une dépendance à l'automobile. Pour permettre l'exercice du choix du mode de transport, il est nécessaire de canaliser l'urbanisation autour des gares des transports collectifs, pour garder à ces derniers leur attractivité. En même temps, il faut développer une offre ferroviaire attractive, ce qui est plus facile si la demande forgée par la forme d'urbanisation suit. Finalement, le point où se rencontrent les spécificités de la ville et celle du transport, à savoir la gare, est un lieu clé qui doit être aménagé pour favoriser le transit des voyageurs, y compris ceux s'étant rabattus à vélo ; mais en même temps ce lieu peut et doit accueillir des services urbains facilitant la vie de ces voyageurs. Telles sont les grandes lignes du projet franco-allemand du consortium Bahn.Ville (2004M1) (voir §5.1.3).

### 3.4.4 Mesurer les attitudes et les comportements

Pour que les usagers adoptent des pratiques de mobilités moins dépendantes de la voiture et en particulier le vélo, il est nécessaire de comprendre pourquoi les usagers embrassent leurs comportements, quelles sont leurs attitudes vis-à-vis des modes de transport, et il faut mesurer les pratiques alternatives réelles ou éventuelles.

*Le garde-boue arrière : la location et le partage de la voiture*

Le modèle dominant est la possession d'une voiture, et sa conduite à titre exclusif par son propriétaire. Pourtant, d'autres schémas d'usage de l'automobile existent, notamment la location de voiture, et le partage de la voiture au sein des ménages. C'est pour étudier ces pratiques que nous avons effectué une recherche à partir de la base de données Parc-auto (Diallo, 2005U ; Papon & Hivert, 2006C, 2006D, 2008A2, voir tome 2).

*Le garde-boue avant : les changements de comportements*

Le changement des comportements de mobilité s'est imposé comme une préoccupation forte du Dest au cours des années 2000, notamment avec l'animation de l'action Cost 355 Watch (*Changing behaviour towards a more sustainable transport demand*) à laquelle j'ai participé. La thèse d'Anaïs Rocci (2007U) que j'ai supervisée avec Laurent Hivert a procédé à une analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportement au moyen d'entretiens individuels qualitatifs approfondis, en saisissant la dimension diachronique avec des ré–interrogations, et dans plusieurs contextes internationaux (France, Japon, Royaume-uni). Plus modestement, le mémoire de master

[23] La proposition Vert (*le Vélo Évalué en Rabattement dans les Territoires*) en cours veut procéder à une évaluation conjointe des contraintes qui pèsent sur les usagers et des avantages qu'ils peuvent en attendre, ainsi que de ce qu'il en coûterait à la collectivité d'assurer un service attractif d'intermodalité vélo et transport collectif dans les territoires périurbains, avec une étude de cas sur Amboise.

d'Arnaud Gbahoué (2006U), sous ma direction, s'est intéressé aux liens entre les changements de comportement de mobilité en Chine et la hiérarchie sociale.

*La selle : les attitudes*

Pour explorer les attitudes, les opinions, les croyances et les préférences des usagers vis-à-vis des modes de transport, Marco Diana (2006U, 2008) a, dans son post-doc à l'Inrets sous mon encadrement, élaboré une enquête en ligne utilisant notamment des échelles psychométriques de Likert pour positionner les points de vue des individus. À partir de cette base statistique, il est possible de construire un modèle de mesure de variables construites pour exprimer les principales dimensions de l'utilité primaire des déplacements, c'est-à-dire de ce qui motive réellement le déplacement à part le besoin de se rendre à la destination pour un motif particulier (Papon *et al.*, 2008C2, voir tome 2 ; Diana & Mokhtarian, 2009).

### 3.4.5 Concevoir des enquêtes

Outre les enquêtes développées dans le cadre de travaux que j'ai encadrées, j'ai aussi directement contribué à la conception d'enquêtes spécifiques pour mieux connaître certains aspects de la mobilité. Pour suivre l'évolution de la mobilité en Île-de-France, nous avons élaboré et testé une enquête longitudinale par panel (Papon *et al.*, 2001M1). Mais c'est lors de l'élaboration du questionnaire de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008 que ma contribution a été la plus significative sur trois points particuliers.

*Le marquage du cadre : les nouvelles questions sur le vélo*

Le vélo était relativement peu étudié dans les précédentes enquêtes « classiques » de mobilité (nationales ou locales), à part l'inventaire de l'équipement en *bicyclettes et VTT d'adultes*, et la modalité *bicyclette* parmi les moyens de transport. Pour mieux connaître le vélo, il était indispensable d'ajouter de nouvelles questions. Beaucoup de celles que j'ai proposées ont été acceptées, certaines tronquées (voir §4.2.2).

Les principales problématiques que traitent ces nouvelles questions sont les suivantes.

Quel est le parc total de vélos, y compris les vélos d'enfants ? Qui dans le ménage utilise chaque vélo ? Quelles sont les conditions de stationnement du vélo, la nuit, à domicile, y compris dans les immeubles collectifs, mais aussi de jour à la gare, ou au travail ? Quelles sont les conditions d'infrastructures rencontrées par les cyclistes à proximité du domicile ? Est-ce que le vol a pu être un frein à la pratique du vélo ? Quelle est la pratique du vélo de chaque individu ? Aime-t-il rouler à vélo ? Porte-t-il un casque ? Quel lien y a-t-il entre les vélos détenus et les déplacements réalisés à vélo ? Comment les individus apprécient-ils les déplacements à vélo (voir ci-après) ? Quelle est l'histoire de l'usage du vélo, au niveau national et individuel (voir ci-après) ?

*Le porte-bagages : les biographies*

Les enquêtes sur les transports permettent de recueillir des données sur les déplacements aux époques du passé où elles ont été conduites. Mais pour les périodes plus anciennes, il n'y a aucune donnée quantitative sur les déplacements. Par ailleurs, au niveau individuel, il est intéressant de savoir si l'usage actuel des modes de transport est lié aux modes de transport utilisés dans le passé, à des périodes particulières de la vie. Pour ces deux raisons, historique et longitudinale, j'ai proposé l'inclusion de questionnaires biographiques dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008. Cette idée a été inspirée par des travaux britanniques (Pooley & Turnbull, 2000). Après bien des discussions et des tests, environ 1150

questionnaires remplis ont finalement été obtenus (Papon *et al.,* 2007C1 ; Papon 2011C4, voir tome 2, voir §4.2.3).

*Le bidon : l'utilité primaire*

Après les travaux de Patricia Mokhtarian (& Salomon, 2001), et les modélisations de Marco Diana (voir §3.4.4), on sait mieux appréhender les motivations multiples des déplacements. Contrairement à la vision utilitariste de l'économie des transports et de la modélisation classique de la demande, où le transport est traditionnellement considéré comme une demande dérivée de l'utilité procurée par l'activité pratiquée à destination, le déplacement peut avoir une utilité en lui-même, et peut même être uniquement son propre but, dans le cas d'une promenade. Pour mieux saisir ces aspects, j'ai insisté pour distinguer le motif promenade parmi les motifs de déplacement dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008 , et pour certains déplacements, introduit quelques questions permettant de cerner leur utilité primaire (Papon *et al*., 2008C2, voir tome 2 ; voir §4.2.4).

## 3.5 Les dimensions du problème

### 3.5.1 Les trois paradigmes

Pour résumer le contenu de ce chapitre, mon appréhension des problèmes que pose la mobilité a évolué suivant trois paradigmes successifs : celui de l'*ingénieur* pour améliorer le système, celui du *militant* pour le changer, et celui du *chercheur* pour le connaître, renvoyant ainsi au sens que j'ai voulu donner à ce mémoire dans l'introduction. Ils se réfèrent en même temps aux valeurs qui fondent l'activité de recherche : le meilleur service, l'action idéale et la compréhension complète. Mais ces trois paradigmes coexistent toujours dans mon approche.

De plus ces trois paradigmes ne sont qu'une des dimensions dans lesquelles s'inscrivent mes problématiques de recherche. Il y a d'autres dimensions, évoquées dans l'introduction de ce chapitre (§3.1) : les modalités de transport, les zones géographiques, les échelles géographiques, les prises en compte du temps long, les différentes approches. Nous allons passer en revue ces dimensions pour montrer les principales modalités dans lesquelles mes recherches se sont inscrites, et comment elles se croisent avec les paradigmes, en citant des exemples sans les développer.

### 3.5.2 Les modalités de la mobilité

L'appréhension des moyens de transport s'est faite individuellement pour certains modes, mais aussi dans leur globalité et dans leurs combinaisons.

*L'automobilité*

Je me suis d'abord concentré sur l'automobile, car c'est le mode dominant du système de mobilité, en cherchant à surmonter, dans le cadre du paradigme de *l'ingénieur*, un des maux majeurs dont elle souffre : la congestion urbaine (Papon, 1992E2). *L'automobilité,* pratique de l'automobile, est aussi un des thèmes forts de mon équipe de recherche (Hivert & Wingert, 2010 ; Rocci, 2007U ; Collet, 2007U). Puis, passant au paradigme du *militant*, j'ai plutôt essayé de voir comment on pouvait éviter de l'utiliser (Hivert & Papon, 2002B1). Enfin, dans le cadre du paradigme du *chercheur*, j'ai évidemment inclus l'automobile dans les statistiques de mobilité, en distinguant son usage à titre de conducteur de celui à titre de passager. J'ai aussi considéré des usages alternatifs au modèle du propriétaire conduisant seul sa voiture comme le partage de la

voiture au sein des ménages et la location de voiture (Papon & Hivert, 2008A2, voir tome 2).

*La multimodalité*

Pour une analyse complète dans le cadre du premier paradigme il est apparu nécessaire de considérer tous les modes, aussi bien pour les voyageurs que les marchandises : route, rail, air, voie navigable (Papon, 1995B). Le deuxième paradigme m'a fait comprendre que pour se passer de la voiture, il fallait mettre en œuvre tous les autres modes, utilisant le plus adapté selon les circonstances (Papon, 2003E2, voir tome 2). Enfin, le troisième paradigme doit bien évidemment inclure tous les modes.

*L'écomobilité*

L'*écomobilité*, utilisation de modes respectueux de l'environnement, est absente du système de transport dominant, mais est devenue une incantation récurrente du développement durable. Sa connaissance a formé le centre de mes recherches (Papon, 1997M2). Elle inclut naturellement le vélo et la marche, souvent les transports collectifs, mais quelquefois sans doute à tort certains usages ou types d'automobiles, comme le covoiturage ou la voiture électrique (Papon, 2009J2). La question centrale est évidemment de jauger le potentiel de l'*écomobilité* pour atteindre une mobilité plus durable.

*Les rails urbains*

Une focalisation de mes recherches est apparue nécessaire sur un mode de transport urbain redevenu à la mode : le tramway. Il peut en effet induire une requalification urbaine et une revalorisation immobilière, mais dans quelle mesure (Boucq & Papon, 2008A1, voir tome 2 ; Nguyen-Luong *et al.,* 2011M3) ? Et peut-il être une solution pour des pays en développement (Papon *et al.,* 2011M1) ?

Des systèmes de transport ferrés urbains plus lourds, peuvent aussi servir à polariser l'urbanisation et éviter un système de transport dépendant de la voiture. Dans quelles conditions la coordination politique entre l'offre ferroviaire, le développement urbain, et les services en gare peut-elle être mise en place (Consortium Bahn.Ville, 2004M1) ? La France et l'Allemagne ont des structures territoriales très différentes, et la comparaison des deux est riche d'enseignements.

*L'intermodalité*

Enfin, la combinaison de plusieurs moyens de transport au cours du déplacement peut être un moyen de surmonter les limites de certains modes, comme l'absence de desserte de porte à porte des transports collectifs, ou la portée insuffisante du vélo. Quel est le potentiel de la correspondance entre ces deux modes ? L'*intermodalité* offre une combinatoire modale fine susceptible de trouver sa place dans une offre alternative au « tout voiture » (Soulas *et al.* 2011M2).

### 3.5.3 Les zones du territoire

Je n'ai pas investi les problématiques de mobilité posées par tous les types de territoire, mais je me suis plutôt concentré sur l'urbain.

*L'urbain*

L'urbain, au sens d'agglomération continue de population, a été le principal théâtre d'étude du premier paradigme (Papon, 1991B). Mais il est aussi l'enjeu majeur du

deuxième. L'urbain concentre maintenant la majorité de la population mondiale[24]. La croissance des villes du sud soulève des besoins en transport énormes, et les infrastructures qui y sont développées aujourd'hui orientent les formes de mobilité qui domineront le XXIe siècle (Yeh & Papon, 2008J). Même si les politiques visant à réduire l'usage de la voiture ont d'abord été développées dans les centres-villes en Europe, leur extension dans les banlieues pose aussi un défi formidable. C'est pourquoi il est indispensable dans le troisième paradigme de prendre en compte le type de territoire.

*L'interurbain*

J'ai fait une brève intrusion sur les questions de transports interurbains dans le cadre d'une étude multimodale sur les trafics sur l'axe nord-sud français (Papon, 1999E).

*Le périurbain*

Si les recommendations existent aujourd'hui pour promouvoir un système de transport durable pour les zones denses, elles restent à définir pour les zones peu denses. Or une grande partie du territoire national est maintenant constitué de zones périurbaines, de morphologie rurale, mais économiquement liées à une (ou plusieurs) unité(s) urbaine(s). L'intermodalité entre le vélo et le transport collectif pourrait-il y affaiblir la domination de la voiture ?

### 3.5.4 Les cercles des échelles

Les problématiques de mobilité peuvent naturellement se développer à toutes les échelles : ménage, entreprise, quartier, commune, communauté d'agglomération, etc. mais l'échelle la plus pertinente pour étudier les questions de mobilité locale est celle de l'aire urbaine, définie justement à cette fin (Julien, 2003), même si certaines questions sont limitées à une partie de son territoire. Parmi les échelons administratifs supérieurs, départements, régions, c'est le niveau national français qui a été le cadre de la plupart des analyses. Enfin, il est essentiel de s'ouvrir au niveau planétaire, qui est l'échelle des problèmes de durabilité, même si le monde peut être divisé en grandes régions.

*L'aire urbaine*

La congestion urbaine, particulièrement en Île-de-France (Papon, 1991C1), a été à l'origine du paradigme de l'*ingénieur*. Lors du changement vers le paradigme du *militant*, c'est d'abord dans le cadre urbain qu'ont été fédérées les recherches de mon équipe avec le projet fédérateur Prospective de la mobilité dans les métropoles (Promu) (Papon, 2002B2, voir tome 2). Le paradigme du *chercheur* appliqué à l'*écomobilité* m'a conduit à étudier toutes les données d'enquêtes disponibles dans les villes françaises sur la marche et le vélo (Papon & Julien, 1999M3).

*La France*

Mais la plupart des analyses statistiques sont faites à l'échelon national (Papon, 1997M2), car c'est le niveau dont dépendent mon institut et ses principaux commanditaires. C'est aussi l'échelle de l'étude multimodale interurbaine déjà mentionnée au niveau de la gestion du trafic (Papon, 1992M0). C'est aussi à l'échelon national que sont mis en œuvre la plupart des programmes politiques de développement durable, particulièrement par le ministère éponyme.

[24] Le programme habitat de l'ONU précise en 2007 : 50% de l'humanité vit dans des villes; et cette part s'élèvera à 75% en 2030.

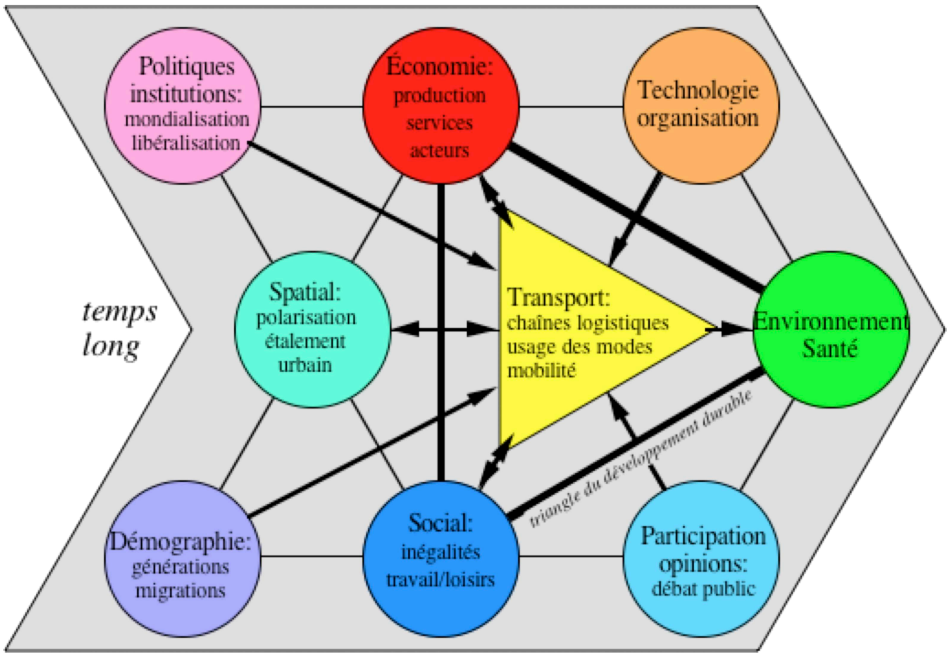
*Le monde*

Même si les financeurs de la recherche sont nationaux, et qu'il est difficile d'intervenir sur le reste du monde, c'est au niveau planétaire que se trouvent les enjeux du développement durable, et dans les pays émergents que se jouent les avenirs énergétiques et climatiques de l'humanité. Dans ce contexte-là, il était impensable de ne pas ouvrir le deuxième paradigme à ces enjeux globaux, et d'y décrire le rôle de la mobilité. Une attention particulière a été portée aux mégapoles, au croisement de l'*avenue* urbaine et du *boulevard* mondial (Papon *et al.,* 2006P2).

### 3.5.5 Les perspectives du temps

Enfin, outre l'ouverture dans l'espace, il faut se projeter dans le temps. En effet, nous ne pouvons nous contenter d'analyses synchroniques, tant sont déterminantes les dynamiques de long terme et tant, en conséquence, il est crucial de comprendre les évolutions des comportements. Le projet d'unité de recherche du Dest est articulé autour de la question des différentes dynamiques qui conditionnent l'évolution des transports (figure 5).

**Figure 5. Schéma du projet d'unité de recherche du Dest en 2004**




*La prospective*

La prospective est l'étude des futurs possibles. On distingue le court terme, qui peut se projeter à partir des tendances passées avec des méthodes relativement robustes, du long terme, plus spéculatif, car aucune démarche scientifique ne peut réellement prévoir des ruptures et des conditions qui n'ont jamais été observées dans le passé, bien que la science puisse apporter des éclairages fondés et des techniques rigoureuses pour aider la prospective. Toutefois, la prospective est très prisée particulièrement dans le paradigme du *militant*, et il faut bâtir et analyser des scénarios, soit pour imaginer l'effet de politiques déterminées, soit pour déterminer les politiques nécessaires pour atteindre un futur voulu (Papon *et al.,* 2008M2, 2008M3). La prospective permet ainsi de discuter des actions présentes.

*L'histoire*

On oublie souvent que pour se projeter dans le futur, il faut d'abord connaître le passé. En tous cas, il n'y a pas dans nos disciplines d'appels de recherches en ce sens. Pourtant, si l'on appréhende, avec difficultés, le présent, il est encore plus ingrat d'avoir des informations précises et fiables sur le passé. Le mieux est évidemment de s'appuyer sur des sources historiques, contemporaines des faits à étudier (Papon, 1999M4), mais ces sources font souvent défaut, comme dans le domaine de la mobilité. Pour contourner cela, il faut inventer ses propres données. Nous avons ainsi eu recours à la mémoire des gens, pour une reconstitution biographique de leur mobilité (Papon *et al.,* 2010M4). Naturellement, ces efforts n'intéressent pas le *politique* mais seulement le *savant*. Ils sont pourtant indispensables pour éclairer le présent et étayer des prospectives solides.

### 3.5.6 Les lignes des approches

Les recherches sur ces différentes dimensions des problématiques peuvent se faire avec différentes approches, qui relèvent de méthodes différentes développées dans le chapitre suivant. Cependant, la mise au point de ces approches peut s'avérer spécifique d'une problématique de recherche. Ces approches peuvent être rangées dans quatre groupes principaux.

*La modélisation*

La modélisation est souvent considérée comme le *nec plus ultra* de la recherche, et est même pour certains évaluateurs la seule méthode acceptable. La modélisation vise à établir une représentation de la réalité, pour la mesurer, la comprendre, la prévoir, et l'orienter. Il existe pourtant de nombreuses sortes de modélisation.

La « boîte noire » est un modèle où l'on entre des variables exogènes, et qui calcule des variables endogènes, avec des paramètres calibrés pour que le modèle reproduise la réalité. J'ai utilisé ou développé ce genre de modèle, pour les routes à péage (Papon, 1990L), le stationnement (Papon, 1992L), ou le trafic interurbain (Papon *et al*., 1995M5, 1995M6, 1995M7), dans le cadre du paradigme de l'*ingénieur*. Le problème est que l'on peut se demander quelle est la validité scientifique à leur accorder, dans la mesure où il n'y a pas une algorithmique unique susceptible de reproduire correctement la situation observée : comment être sûr que le programme calculera bien la situation testée ?

La dynamique des systèmes établit des relations entre différents éléments et simule l'évolution d'un système complexe, sans qu'il soit possible de contrôler le fonctionnement d'ensemble. On y distingue des boucles de rétroaction (positives et négatives). Même si je me suis initié à ces méthodes (Papon, 2004M2), je ne les ai pas explicitement utilisées. Elles sont très vantées par leurs partisans pour le réalisme des simulations du comportement des systèmes complexes qu'elles permettent, et décriées par les autres, pour la difficulté à justifier scientifiquement les relations qui sont intégrées dans les modèles.

La modélisation économétrique permet d'établir une fonction d'interpolation entre une variable expliquée et des variables explicatives. Elle permet de mesurer l'effet de ces variables explicatives (avec des élasticités par exemple), mais ne peut être utilisée pour la projection que dans les limites des valeurs pour lesquelles elle a été estimée. J'en ai effectué pour projeter la mobilité en Île-de-France à vingt ans (Papon, 2002B2, voir tome 2), ou pour des analyses statistiques sur différentes problématiques (Papon, 2010C1, Papon *et al.,* 2011C2, voir tome 2) dans le cadre du paradigme du *chercheur*.

Mon département est également spécialiste de modèles démographiques (Armoogum *et al.,* 2002), qui permettent de prévoir le plus sûrement le futur en se fondant sur les

évolutions les plus certaines que sont celles des structures démographiques (que ce soient des populations ou des véhicules).

Globalement ces modélisations me semblent des outils ciblés et puissants permettant de mettre en évidence des effets fins ou imprévus, mais la recherche ne se résume pas, à mon avis, à la modélisation, car bien des questions ne peuvent être abordées avec ces méthodes, et une grande partie de l'enrichissement de la connaissance peut être obtenue avec de simples analyses descriptives (tris à plat, tableaux croisés), ou des analyses de données (analyses factorielles) qui peuvent aussi être un premier pas avant la modélisation.

### *L'évaluation économique*

L'évaluation, en particulier économique, est un autre pilier de l'activité de recherche. Elle peut se limiter à un simple inventaire comptable, ou prendre la forme d'une évaluation coûts–avantages. Ces méthodes sont largement éprouvées dans le cadre de projets routiers, et j'en ai mis en œuvre dans le cadre du paradigme de l'*ingénieur* (Inrets, 1989N0 ; Papon, 1997M3), mais leur extension pour les modes actifs est aussi une tâche à laquelle je me suis attelé (Papon, 2002J1, voir tome 2, 2002J2, voir tome 2, 2002J3, voir tome 2).

L'évaluation s'appuie aussi sur de la modélisation, et utilise des données d'enquête. Mais l'évaluation est une question de recherche en tant que telle, qui nécessite la mise en œuvre d'une méthodologie scientifique.

### *Les enquêtes*

Si les travaux de recherche se font avant tout à partir de données existantes, que ce soit pour la modélisation ou l'évaluation, il est souvent nécessaire de construire ses propres données, notamment car les données existantes répondaient à d'autres questions. Pour cela, il faut développer des enquêtes spécifiques. Mon équipe comporte des spécialistes reconnus dans la méthodologie des enquêtes (Armoogum & Madre, 1997 ; Papon *et al.,* 2007M1 ; Armoogum *et al.,* 2010).

On distingue les enquêtes quantitatives et les enquêtes qualitatives.

Parmi les enquêtes quantitatives, la connaissance de la mobilité passe par les enquêtes après des ménages, dont la mise au point est mature, et la forme est assez standard, que ce soit au niveau local (Certu) ou national. J'ai personnellement contribué à la mise au point de l'Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008, notamment en ce qui concerne les questions sur le vélo. Mais la mise au point des enquêtes est un vrai problème de recherche, avec un arbitrage entre les différents besoins, les différentes interrogations, et les budgets disponibles.

Les enquêtes qualitatives permettent d'appréhender et de comprendre des aspects qui ne peuvent pas être mesurés avec des enquêtes quantitatives (Rocci, 2009a) : elles peuvent être utilisées soit avant de mener une enquête quantitative pour cerner les questions à poser, soit après pour approfondir une problématique particulière, soit indépendamment, voire simultanément pour apporter des éclairages complémentaires.

### *Les attitudes et les comportements*

En effet, la recherche sur la mobilité relève non seulement de la mesure, mais aussi de la compréhension des phénomènes sociaux. Les individus agissent selon des moteurs qui dépassent la rationalité économique, et comprennent des motivations propres, des valeurs, des opinions, des rites et sont soumis à des normes sociales de comportement. La prise en compte de ces mécaniques de fonctionnement est essentielle, en particulier pour l'usage d'un mode aussi marginal que le vélo.

### 3.5.7 L’administration et l’animation de la recherche

Enfin, le développement des problématiques de recherche est évidemment soumis aux questions d’animation et d’administration. Les problématiques naissent souvent de l’échange entre les chercheurs, et c’est en mettant au point des projets de recherche que l’on les approfondit.

Mon expérience dans ce domaine a évolué au rythme des paradigmes. Je suis passé d’une vision opérationnelle du projet de recherche (Papon, 1995M10) dans le cadre du paradigme de l’*ingénieur*, qui s’est avérée difficile à mener à bien, à une conception de coordination plus appropriée dans le cadre du paradigme du *militant*. Cela a permis de capitaliser des connaissances sur un thème fédérateur (projet Promu, Papon, 2004K2), et de mener à bien des recherches diversifiées dans le cadre d’une équipe (Économie de l'Espace et de la Mobilité, EEM) partageant les mêmes questions de recherche.

En conclusion, cette énumération détaillée des éléments et des dimensions de mes problématiques de recherche montre aussi la difficulté à distinguer ce qui relève de ma réflexion personnelle, ce qui relève de l'équipe de recherche à laquelle je participe et que j'anime, et ce qui relève de l'ensemble de la communauté de recherche.

Les quelques approches citées plus haut mettent en évidence la nécessité de traiter les questions de recherche avec une méthodologie scientifique rigoureuse. Nous allons maintenant voir quelle est la démarche que j'ai adoptée pour mener mes activités de recherche.

# 4 La méthodologie : la démarche du cycliste

处处留心皆学问
*Chù chù liú xīn jiē xué wèn*.
Partout on peut acquérir des connaissances à la condition d'y prêter attention (proverbe chinois).

## 4.1 Sept méthodes en rayons

La production de connaissance ne résulte pas de l'application d'une procédure unique et infaillible, mais du croisement de plusieurs méthodologies. Elle constitue un cycle qui se renouvelle sans cesse, et dans lequel se succèdent l'imagination, la lecture, le traitement des données, la construction d'une vision d'ensemble, la gestion des activités de recherche, l'expérimentation et la rédaction. J'ai combiné ces approches pour enrichir la démarche, tout en les élargissant dans le cadre de mes trois paradigmes.

### 4.1.1 Méthode onirique

La base de la découverte scientifique est la curiosité, curiosité qui ne se laisse pas dompter dans des règles contraignantes, mais qui au contraire se laisse aller dans les pensées et dans les rêves. Ce n'est qu'après que les idées pourront être mises à l'épreuve de méthodes rigoureuses.

J'ai effectivement beaucoup rêvé, rêvé d'un monde meilleur, d'une ville meilleure, d'un système de transport meilleur, d'une vie meilleure. L'organisation spatiale du bâti, les infrastructures et les services de transport, seraient au service des hommes et des relations sociales, et non pas des machines et de la rentabilité financière. La densité serait élevée, et les fonctions mixtes, pour permettre plus d'interactions de proximité. L'automobile y serait fortement restreinte, ou même complètement bannie, tant elle est incompatible avec un usage rationnel de l'espace et un environnement humain. L'urbanisation serait focalisée sur les gares, formant des villes accessibles au piéton. Un réseau ferroviaire relierait ces villes, en laissant des espaces naturels entre les villes. Un réseau de pistes cyclables irriguerait ces espaces verts et les quartiers des villes. Naturellement bien d'autres ont rêvé de ces cités idéales : Joel Crawford (2000) dessine des villes sans voitures avec des boucles de tramway. Jean-Louis Maupu (2006G) organise une *ville creuse* autour d'anneaux de tramway.

Mais pour alimenter le rêve, il faut un flux continu d'informations. Ces informations proviennent d'abord de l'observation directe, à l'occasion de mes déplacements et de mes voyages dans différents pays. Ils proviennent ensuite et surtout de la documentation que je recherche ou que je reçois. À l'ère du papier, ces informations provenaient de journaux spécialisés auxquels j'étais abonné ou que je consultais à la bibliothèque, d'articles qui circulaient dans le département dans lequel je travaillais, ou que des collègues me photocopiaient. Mais dans la période 1996-2004, nous sommes progressivement passé de l'ère du papier à l'ère du numérique, ce qui a permis d'accroître considérablement la quantité de documents qu'il est possible de diffuser, de stocker et de traiter. Auparavant, je rangeais laborieusement les documents dans des boîtes d'archive qui occupent maintenant trois armoires pleines. Maintenant, je range les fichiers dans des dossiers sur supports informatiques, et les retrouve facilement grâce aux moteurs de recherche. Parmi tous les thèmes qui m'intéressent, je collectionne systématiquement tous les documents concernant le vélo : j'en ai maintenant enregistré

2 656 pour 4,68 Go (au 20 mars 2012). Leur inventaire dépasserait le cadre de ce mémoire.

Et les sources d'informations sont multiples : consultations directes du Web, abonnements à des forums de discussion, dépouillements de *newsletters*. Au début, le vélo était seulement traité dans des forums anglo-saxons : c'est dans ces forums que j'ai découvert un volume important de connaissance, d'expérience et d'expertise concernant le vélo. J'ai aussi consulté des *Foires aux questions* (Faq) américaines, néerlandaises et allemandes. J'ai même imprimé un recueil de toutes les infos que j'ai trouvé intéressantes, appelé *Wélo* (Papon, 1999M7), de 590 pages. Ce document comportant du matériel sous copyright ne peut être diffusé, et de plus imprimer l'internet est évidemment stupide, tant les informations s'améliorent en permanence. Mais en voici le plan :

| **I aspects scientifiques** | **II aspects passionnels** |
|---|---|
| 1-histoire, technologie | 1-institutions, politique, législation |
| 2-santé, physiologie | 2-associations |
| 3-mobilité, économie | 3-opinions |
| 4-sécurité | 4-listes de discussion |
| 5-infrastructures, aménagements | 5-informations |
| 6-urbanisme | 6-produits, commerce |
| 7-intermodalité, transport | 7-sport |
| 8-environnement, énergie | 8-catalogues, encyclopédies |

De nombreuses autres sources d'informations sont en lien avec mes sujets[25] :

Cette veille scientifique permet d'acquérir un corpus de connaissances sur des thèmes spécifiques et d'être conscient des grandes questions ou débats qui s'y rattachent. Cette démarche a naturellement nourri le paradigme du *militant*, tant on se rend compte que les documents sont mis à disposition d'abord pour faire passer des convictions, plus que pour diffuser la connaissance.

### 4.1.2 Méthode critique

Naturellement, la lecture des travaux existants prend énormément de temps, mais est indispensable, car on ne peut essayer de développer des recherches nouvelles dans le paradigme du *chercheur* qu'à partir de l'état de l'art de la science. La masse des documents disponibles est telle qu'il faut forcément cibler ses lectures, rechercher les points précis qui sont nécessaires pour la recherche. Ainsi, contrairement à la veille scientifique, l'état de l'art d'une recherche doit aller droit au but, sans prétendre à

[25] Notamment :

- *Association for the Study of Peak Oil* (Aspo) : http://aspoireland.org/newsletter/
- *Carfree cities* : *Carfree Times* http://www.carfree.com/cft/
- Fédération des Usagers de la Bicyclette (Fub) : Vélocité http://www.fubicy.org/rubrique.php3?id_rubrique=27
- Institut national d'études démographiques (Ined) : Population et Sociétés http://www.ined.fr/fr/ressources_documentation/publications/pop_soc/
- Sustran, forum de discussion consacré au transport, axé sur les personnes, équitable et durable, avec un accent sur les pays en développement http://list.jca.apc.org/manage/listinfo/sustran-discuss
- Sustrans, fondation britannique promouvant les modes actifs, http://www.sustrans.org.uk/
- *The national center for bicycling and walking* (USA) : *CenterLines* http://www.bikewalk.org/newsletter.php
- *Transport research at the University of California* (Berkeley) : *Access* http://www.uctc.net/access/
- *Transport Research Board* (TRB) E-Newsletter: http://www.trb.org/Publications/PubsTRBENewsletter.aspx
- *Victoria Transport Institute* (Todd Litman): http://www.vtpi.org/index.php
- *World Carfree Network*: *World Carfree News* http://www.worldcarfree.net/bulletin/
- *World Transport Policy And Practice*: http://www.ecoplan.org/wtpp/wtj_index.htm

l'exhaustivité. Et il faut aussi parcourir rapidement les documents pour en saisir les points utiles.

Le simple état de l'art peut même être l'objet de la recherche, par exemple sur les études prospectives en Europe (Papon *et al.*, 2008M2, 2008M3) ; nous avons réalisé une base de données interactive de 129 études. Sinon l'état de l'art est souvent le premier chapitre de toutes les recherches, par exemple sur l'intermodalité vélo–transport collectif (Soulas *et al.*, 2011M2, pp. 7-140, partie I « État de l'art raisonné » synthétisé par Frédéric Héran à partir de diverses contributions). L'état de l'art doit non seulement résumer les travaux antérieurs, mais aussi en faire la critique, en montrant leurs limites ou faiblesses.

La critique de certains travaux peut même faire l'objet d'une initiative collective, comme nous l'avons fait à propos de la *Démarche Prospective Transport 2050 : Éléments de Réflexion,* publiée par le CGPC en 2006 (Soulas *et al*., 2007N2), où nous avons mis en évidence certains partis pris, notamment la surestimation de l'impact des améliorations technologiques et énergétiques.

La relecture critique, mais anonyme, est aussi une partie importante de l'activité scientifique, pour des revues à comité de lecture (rubriques F et G de mon *curriculum vitae*), ou pour des colloques, puisque les travaux sont traditionnellement évalués par les pairs, et j'ai moi-même fait partie de divers comités scientifiques (rubriques H et I). La relecture peut aussi être informelle, pour des collègues.

Une part aussi importante de l'activité scientifique est l'encadrement de post-doctorants, de doctorants, de stagiaires de master ou autres (voir rubrique U de mon *curriculum vitae*) . Et dans ces encadrements, la relecture approfondie de leurs travaux, pour leur prodiguer des conseils pertinents, est une activité de longue haleine, quelquefois rendue difficile si le français n'est pas la langue maternelle de l'étudiant.

### 4.1.3 Méthode empirique

« Les empiriques, semblables à des fourmis, se contentent d'amasser et de consommer ensuite les provisions. Les dogmatiques, tels que les araignées, tissent des toiles dont la matière est extraite de leur propre substance. L'abeille garde le milieu: elle tire la matière première des fleurs des champs et des jardins, puis, par un art qui lui est propre, elle la travaille et la digère. » (F. Bacon, *Novum Organum*, Livre I).

Cette citation, extraite du projet du Dest de 2004, montre qu'une de nos spécificités est d'abord de partir des données, pour en tirer des analyses pertinentes, non seulement descriptives, mais aussi des modélisations, notamment économétriques. En général, nous ne construisons pas des théories *a priori*, ou ne partons pas de théories existantes, pour les appliquer sur des données qui conviennent. Nous cherchons au contraire d'abord à connaître la réalité, à partir de toutes les données disponibles, pour ensuite élaborer des calculs, des études, des concepts, des idées, des hypothèses, des conclusions, des enseignements. Mais souvent les données font défaut, c'est pourquoi nous construisons nous-mêmes les instruments d'enquête nécessaires à l'obtention des données dont nous avons besoin. De là vient la démarche spécifique en quatre étapes du Dest : *observer, analyser, modéliser, évaluer*. Cette démarche est la déclinaison au Dest du paradigme du *chercheur*.

Dans ce cadre, j'ai naturellement pratiqué toutes les étapes : définition d'enquêtes (Papon *et al.*, 2001M1), analyses statistiques (Papon, 1997B, voir tome 2), modélisations notamment économétriques (Papon, 2002B2, voir tome 2), évaluations économiques (Papon, 2002J1, voir tome 2, 2002J2, voir tome 2, 2002J3, voir tome 2), le tout en particulier sur le vélo, mais pas seulement. Sur la location de voiture et le partage des voitures au sein des ménages (Papon & Hivert, 2008A2, voir tome 2), à partir d'une source maintenue par le Dest (Parc-Auto), d'analyses statistiques et de

régressions économétriques, nous avons quantifié ces deux phénomènes, leur spécificités socio-démographiques, leur évolution, et révélé leur différence fondamentale de nature : pratique occasionnelle pour la première, habitudes solidement ancrées dans les modes de vie pour le second. Cela permet d'évaluer le potentiel de ces deux usages spécifiques de la voiture pour réduire la dépendance automobile : freins à la l'individualisation de la voiture, mais résistance au découplage de la possession et de l'usage.

Mais c'est surtout sur le vélo que mes analyses statistiques ont servi de référence, tant au niveau national (voir §5.2), qu'international où ce sont mes chiffres qui sont repris pour la France (Schollaert & Coppieters, 1997).

### 4.1.4 Méthode exhaustive

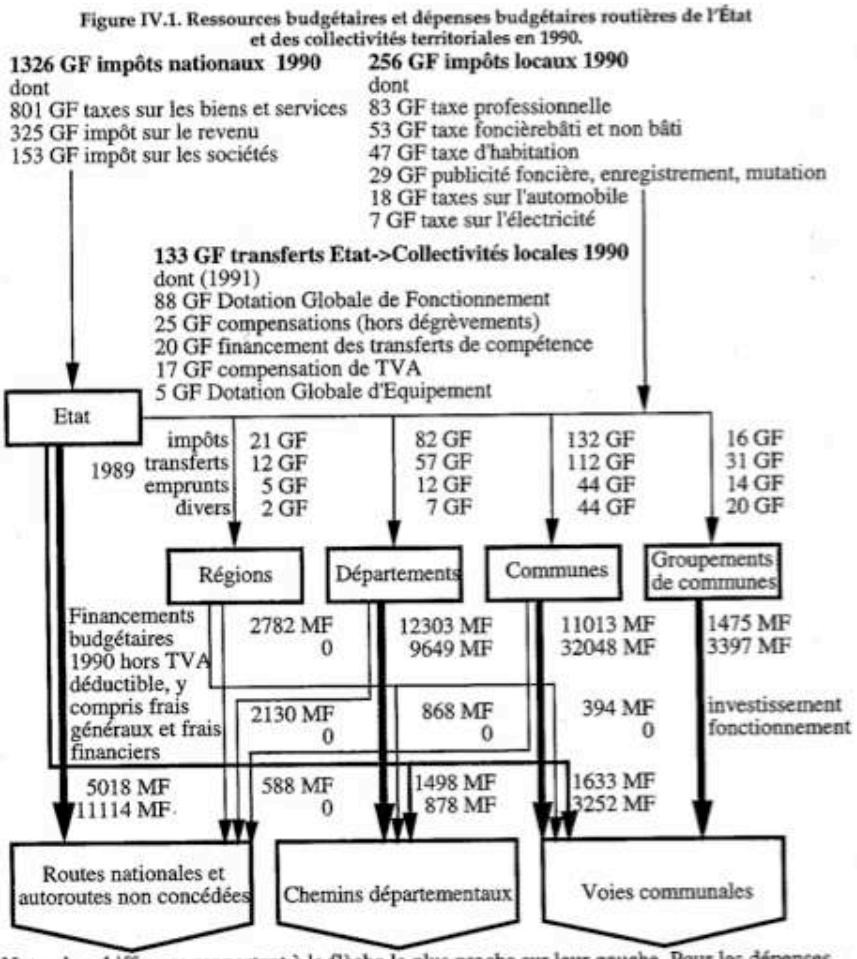
Souvent les données existantes sont insuffisantes ou lacunaires, et il n'est pas possible, ou nous n'avons pas les moyens, de produire les données nécessaires.

Lorsque des données sont manquantes dans les enquêtes, du fait de la non réponse partielle ou totale (Armoogum, 2002), il existe des techniques statistiques permettant de pallier à ces défauts : on peut considérer la non réponse comme une modalité, ou remplacer les réponses manquantes par imputation, notamment par la technique de *hot deck*[26]. Ces techniques ont été appliquées par mes collègues aux enquêtes nationales sur les transports pour produire des fichiers « propres » (corrigés) et utilisables. C'est une partie ingrate et peu valorisable de la recherche, mais indispensable.

Lorsqu'il existe des sources différentes mais partielles sur un sujet donné, il est nécessaire de compenser les zones d'ombre des données pour avoir une vision d'ensemble de la question. Dans ce cas là, on est contraint à faire des estimations avec divers calculs, pas forcément faciles à justifier scientifiquement, mais qui semblent être ce que l'on peut faire de mieux, à titre d'expert. J'ai par exemple pratiqué ce genre d'estimations pour reconstituer toutes les sources de financement des routes (Papon, 1997M1, p.40 ; figure 6). J'ai aussi dû jongler avec les rares données disponibles pour reconstituer l'évolution des distances parcourues à vélo dans les différentes enquêtes nationales sur les transports (voir §5.2.4).

[26] L'imputation *hot deck* est une procédure qui consiste à remplacer les réponses manquantes à certaines questions par des valeurs empruntées à d'autres répondants. L'un des modèles sur lesquels elle s'appuie est celui où l'on suppose que les probabilités de réponse sont égales dans les cellules d'imputation.

**Figure 6. Ressources budgétaires et dépenses budgétaires routières de l'Etat et des collectivités territoriales en 1990**




Nota : les chiffres se rapportent à la flèche la plus proche sur leur gauche. Pour les dépenses, la première ligne représente les dépenses d'investissement, et la deuxième les dépenses de fonctionnement.

*Sources : estimations d'après pour les ressources [Orfeuil, 1993, p. 23-27], pour les dépenses [CETUR, SOFRETU, 1994 b p. 29-33].*

Mais le plus difficile est lorsqu'il existe des pans entiers de données manquantes, comme c'est le cas pour ma tentative de panorama mondial et historique de la mobilité (Papon, 2004C2, voir tome 2). Il existe des pays entiers, voire presque tout le continent africain où il n'y a pas du tout de données pour un point dans le temps. Et pour avoir une vision en évolution, il faut au moins deux points. De plus certains modes de transports, notamment la marche et le vélo, sont souvent complètement absents des statistiques. Pour surmonter ces difficultés, sans renoncer à la vision d'ensemble, il faut procéder à des calculs de cohérence, comme le kilométrage moyen par véhicule, et élaborer des hypothèses de travail. La plus importante est l'application de la conjecture de Zahavi (1973), à la fois dans l'espace et dans le temps, d'un budget temps de déplacement constant, qui permet d'avoir au moins une idée de la mobilité des époques anciennes où la mobilité était essentiellement à pied.

En fait, cette méthode exhaustive visant à compenser les manques de la méthode empirique, procède du paradigme de l'*ingénieur*, qui tente, par tous les moyens, d'obtenir un résultat.

### 4.1.5 Méthode opérationnelle

On peut généraliser ce souci de l'ingénieur à obtenir des solutions aux problèmes à l'ensemble de la démarche de recherche, et pas seulement aux données, pour obtenir une méthode opérationnelle. C'est la méthode sous-jacente dans ma thèse, soutenue le 18 septembre 1991 à l'université de Paris XII (Papon, 1992E2), où les « routes de première classe » ont été un moyen de contourner la difficulté de mise en œuvre d'un péage sur les voies existantes.

C'est aussi la méthode utilisée pour l'ensemble des expertises réalisées, que je ne détaillerai pas davantage.

C'est évidemment la méthode qu'il faut suivre pour assurer le financement de la recherche. Car si on a une question de recherche à traiter, issue d'une veille scientifique, de précédentes recherches, ou de sollicitations diverses, il faut souvent en rechercher le financement. Pour ce faire, il faut répondre à divers appels à propositions. Ces réponses devraient être élaborées avec méthode ; bien que cette « méthode » ne soit pas de la science en soi, c'est une partie importante du travail du scientifique d'aujourd'hui. Et il faut dire qu'à l'Ifsttar dans ce domaine, c'est un peu à chacun de se débrouiller, même si nous avons une aide pour l'établissement des parties financières et le montage des conventions. On trouvera dans le tome 2 la liste des contrats de recherche dans lesquels j'ai été impliqué.

C'est enfin la méthode opérationnelle qui permet de gérer les projets de recherche, pour parvenir à fournir un livrable dans les délais impartis. L'expérience m'a aussi appris qu'il est important de savoir mettre un terme à toute action de recherche, même si un sujet n'est naturellement jamais totalement exploré, il pourra être abordé dans des actions ultérieures. C'est ainsi que j'ai terminé ma participation au programme de recherche « écomobilité » coordonné par Jean-René Carré avec l'organisation du séminaire « écomobilité » du 20 mars 2000 (Papon, 2000Y), mais j'ai plus tard été membre du comité de programme de la conférence Vélo-City à Paris les 23-26 septembre 2003 (Programme Committee of Velo-city Paris 2003, 2003Y). J'ai aussi mis fin au projet fédérateur Promu par un séminaire de clôture le 7 décembre 2004 (Papon, 2004K2). J'ai cessé de porter la *Plate-forme intégratrice* PMG fin 2006, et terminé ma participation à *l'Action spécifique* éponyme en co-organisant le colloque international *Mégapoles, transports et mobilité, confrontations* le 9 avril 2008[27] à Paris.

### 4.1.6 Méthode expérimentale

Cette méthode opérationnelle n'interdit pas les tâtonnements et les essais. Ainsi, j'ai tenté différents types de modélisation (voir §3.1.6), par exemple la construction d'un logiciel pour modéliser l'équilibre local du stationnement (Papon, 1992B). Ou encore un petit modèle pour décrire l'univers des déplacements, selon les deux dimensions de la distance et de la valeur du temps (Papon, 1992C2). Si j'ai expérimenté nombre de méthodes, je ne suis l'apôtre d'aucune en particulier, pas plus que je ne suis le spécialiste d'une discipline en particulier. Toutes sont utiles, pourvu qu'elles apportent un éclairage nouveau à un objet de recherche.

Mais je n'ai pas expérimenté que les méthodes. J'ai surtout expérimenté mon propre objet de recherche, à savoir le vélo. Je ne pense pas que l'on puisse affirmer un avis pertinent sur un moyen de transport, quel qu'il soit, sans l'avoir pratiqué soi-même. J'ai parcouru plus de 140 000 km à vélo, dont 65 000 km dans le seul département du Val-de-Marne, et 65 000 km dans les autres départements de l'Île-de-France. J'ai aussi circulé dans seize autres régions françaises, et dans quinze pays étrangers sur quatre continents. Depuis que je suis installé en Île-de-France, sans compter les vélos de

[27] http://www.megapole.org/

location ou en libre-service, j'ai utilisé six vélos personnels, dont les deux premiers m'ont été volés, ce qui est une expérience essentielle pour le cycliste urbain, et le quatrième réduit à l'état d'épave suite à la collision avec une voiture. J'ai subi en tout sept collisions avec des voitures, une avec un camion, et deux avec des cyclistes, toutes sans dommage ou avec seulement des dégâts matériels, et une quinzaine de chutes, dont une seule a nécessité une visite à l'hôpital. Aucun de ces événements ne figure dans aucune base statistique d'accidents, ce qui fait que j'ai un aperçu pratique de l'insécurité des cyclistes, meilleur qu'en dépouillant les bases de données, sans compter que j'ai rencontré des milliers de situations critiques, heureusement sans suite. J'ai eu aussi plusieurs altercations avec des automobilistes, dont certains ont cherché à s'en prendre physiquement à moi.

Parmi les situations critiques, il y a de grands classiques qui sont corroborés par les scénarios d'accidents définis dans les études (Bué & Propeck, 2010) : la voiture qui passe au stop ou au cédez-le-passage sans me regarder (scénario U7, 10% des accidents dans l'étude citée), la voiture qui sort du giratoire en me coupant la route, la voiture qui me double en tournant à droite (U8, 7%), la voiture venant d'en face qui tourne à gauche à travers ma trajectoire (U6, 7%), le véhicule qui ralentit ou s'arrête juste après m'avoir doublé, le véhicule qui tente de me doubler sur une voie trop étroite, le véhicule qui double à quelques centimètres même si il a la place de s'écarter (B1, 6%), la portière qui s'ouvre (U37, 7%), le piéton qui traverse sans regarder, le piéton qui change brutalement de direction, l'enfant qui joue, le chien tenu en laisse à travers la piste, le chien qui me court après. Il faut bien sûr être prêt à toutes ces situations pour y apporter une parade : par exemple imaginer que toutes les portières vont s'ouvrir au moment ou on passe, ou que la voiture arrêtée au stop va démarrer au moment ou l'on se trouve devant. La meilleure stratégie est évidemment de se comporter comme un véhicule, en suivant en cela les préceptes de John Forester (1976), de prendre sa place sur la chaussée et d'être bien visible : la plupart des risques viennent d'un défaut de conspicuité du cycliste. Mais face aux tentatives d'agression, il faut bien sûr s'éclipser rapidement.

Faire du vélo en ville n'est pas encore une activité que l'on peut pratiquer tranquillement, même si la situation s'améliore en France. Il y a un seul commandement fondamental :

- Il faut faire attention, tout le temps.

Ce commandement s'applique avec trois règles principales :

1. Il faut regarder la chaussée devant soi, à trois mètres, tout le temps (80% de l'attention doit être portée à l'état de la surface devant ses roues), même s'il faut aussi regarder fréquemment le plus loin possible devant pour anticiper, sur les côtés et derrière (le rétroviseur est utile) à l'approche d'une intersection ou pour changer de file ou de direction.
2. Il faut rouler à droite de la chaussée, tout en laissant à un mètre les portières, les piétons, et à deux mètres les enfants, les chiens, les lignes d'arrêt de stop et les entrées de giratoire, et en évitant les nids-de-poule. Un bon repère est de rouler dans la trace droite des voitures. Dans les rues étroites, il faut rouler au milieu.
3. Il faut dépasser les véhicules arrêtés ou plus lents par la gauche, sauf s'ils tournent à gauche (attention à ceux qui ne signalent pas). Il ne faut jamais dépasser par la droite un véhicule lourd, et ne surtout pas dépasser un camion ou un bus en train de manœuvrer et rester à plusieurs mètres derrière. Ne pas s'arrêter non plus sur le côté ou le devant de la cabine d'un camion, où le chauffeur ne peut pas voir. En milieu urbain, un tiers des cyclistes tués impliquent un véhicule à grand gabarit (Tarron, 2010).

Il faut évidemment respecter les règles de priorités, notamment vis-à-vis des piétons, et il faut négocier les conflits délicats avec l'autre partie par un contact du regard. J'ai bien

sûr acquis bien d'autres techniques pour circuler efficacement en sécurité, choisir un itinéraire adapté, faire face aux défaillances du vélo, stationner en sûreté, tenir compte de la situation météorologique, et gérer ma condition physique.

Cette méthode expérimentale conjugue les trois paradigmes : celui de *l'ingénieur* pour résoudre le problème de réaliser un déplacement, celui du *militant* pour promouvoir de meilleures conditions pour les cyclistes, et celui du *chercheur* pour acquérir des connaissances originales.

### 4.1.7 Méthode synthétique

La production de recherche se fait d'abord sous forme de littérature grise, soit des rapports de convention dans le cas de recherche contractuelle, soit des notes de travail, des comptes-rendus ou des rapports divers pour la recherche hors contrat de recherche, ce qui correspond à la rubrique M de mon *curriculum vitae*. Je dois avouer qu'une grande partie de ma production est sous cette forme, car d'une part je n'ai souvent pas pris le temps d'en tirer d'autres publications, et d'autre part il faut dire que dans les années 1990 nous n'y étions pas vraiment incités à l'Inrets.

En revanche, nous étions sollicités pour faire des expertises (rubrique N), intervenir dans des manifestations scientifiques (rubrique K), ou pour écrire dans des journaux techniques ou professionnels (rubrique J) : et là encore, j'ai de nombreuses actions de ce genre. Même mon travail le plus souvent cité ou demandé est dans cette rubrique J (Papon, 2002J1, voir tome 2, 2002J2, voir tome 2, 2002J3, voir tome 2). Ces activités, et particulièrement l'expertise, se nourrissent des connaissances accumulées avec les activités de recherche, et doivent prendre un certain recul pour s'interroger sur l'état des connaissances, mais ce sont aussi des moteurs de réflexion pour soulever de nouvelles questions de recherche.

Maintenant, nous sommes évalués surtout sur les productions académiques : articles dans des revues à comité de lecture (rubriques A, B), communications à des colloques avec actes (rubriques C, D) et ouvrages ou chapitres d'ouvrage (rubrique E).

Par souci de faire connaître au plus grand nombre, ou vulgarisation, j'ai répondu à des entretiens avec des journalistes (rubrique P), ou fait des conférences grand public (rubrique Q). Mais pour rendre la recherche de manière compréhensible, il faut fortement la résumer et la simplifier. Un bon moyen est de faire systématiquement des fiches de synthèse, ce qui a été fait à l'occasion du projet fédérateur Promu (Papon, 2004P6, 2004P7, 2004P8 ; Papon & Soulas, 2004P9), fiches reprises comme fiche Inrets (Papon, 2006P1), et de nombreuses fiches ont aussi été élaborées pour l'action PMG (Papon *et al.*, 2006P2).

Ainsi, ces différentes méthodes s'enchaînent pour former le propre du travail de chercheur. Je les ai découvertes en pratiquant ce travail, et appliquées de la manière qui m'a semblé la plus pertinente, et en particulier sur la question du vélo.

## 4.2 Des innovations qui roulent

Si j'ai principalement appliqué des méthodes déjà éprouvées par des collègues pour les recherches sur la mobilité, j'ai aussi été amené à proposer de nouvelles méthodes. J'ai développé essentiellement quatre approches originales.

### 4.2.1 La différenciation de la demande

Une des constantes dans mes recherches depuis ma thèse (Papon, 1991U) est que l'on ne pouvait pas fournir une réponse unique aux besoins de transport des usagers. D'ailleurs, les constructeurs automobiles segmentent leur marché pour mieux s'y adapter. Il doit en être de même de tous les services de transport. Ainsi, les « routes de première classe » visaient à offrir un service différencié aux automobilistes urbains. Le vélo répond à d'autres besoins. Il y a en outre plusieurs sortes de cyclistes, et il faut leur offrir des prestations différentes : les cyclistes utilitaires rapides doivent pouvoir trouver un itinéraire direct et roulant. Les promeneurs doivent pouvoir circuler dans un cadre agréable. Les enfants doivent être à l'abri des dangers de la circulation. Il ne doit pas y avoir de taille unique dans le prêt-à-porter du déplacement urbain, mais il devrait y avoir des services sur mesure.

Je développais ainsi cette idée dans une note du 3/05/1996 (Papon, 1996M2) au groupe Transports urbains et calcul économique (Tuce) : « *De la nécessité de rendre compte de la diversité dans les calculs économiques en transports urbains* ».

Les besoins et les usages de déplacements des habitants des villes et de leur périphérie sont complexes et multiples. Les modèles existant en transport urbain rendent compte de la satisfaction de la demande par l'offre de manière forcément simplificatrice et réductrice. Tout effort pour améliorer la validité des études économiques devra d'abord porter sur une meilleure représentation de la diversité.

#### *Exemples de simplifications excessives de la diversité*

Quelques exemples parmi ceux qui ont été présentés au groupe Tuce permettent d'illustrer ce propos.

##### Les projets de transport collectif en site propre

Le calcul de l'avantage économique annuel B des projets de transport collectif en site propre, tel qu'il est effectué par le Sytral pour le prolongement de la ligne B du métro de Lyon, la RATP pour Météor, ou la SNCF pour le Trans-Val-d'Oise, repose essentiellement sur deux résultats du modèle :

- le gain de temps moyen G des usagers du projet ;
- le nombre U des usagers du projet en heure de pointe hors induit ;

et sur cinq paramètres :

- le coefficient I qui permet de calculer la part d'induit par unité de gain de temps moyen des usagers du projet ;
- le coefficient R qui donne la part du trafic induit qui est reporté de la voiture particulière ;
- le coefficient de décongestion D qui permet de calculer le gain de temps des automobilistes ;
- le coefficient de passage A de l'heure de pointe à l'année ;
- la valeur du temps V qui permet de valoriser les gains de temps de tous les usagers.

Cela donne la formule suivante :

$B=A.V.G.U.(1+1/2.I.G+D.R.I)$.

Cette formule montre l'insuffisance de la méthode : le modèle s'est focalisé sur les seuls usagers de l'heure de pointe, les a supposés tous identiques, et a valorisé leurs gains de temps par une valeur du temps unique. La prise en compte des usagers des heures creuses est très forfaitaire. La variabilité de la valeur que les usagers attribuent au

temps, mais aussi aux différents paramètres de confort (entassement, sécurité, information, pénibilité des correspondances, propreté), qui ont une incidence déterminante sur les choix faits, n'intervient pas dans le résultat.

#### L'autoroute A16

L'évaluation économique du projet routier A16 (Jean-Gérard Koenig, 2 mai 1996) repose sur la méthode d'accessibilité. Le modèle est bien détaillé sur le plan spatial, mais du côté de la demande, deux catégories seulement d'usagers sont distinguées (captifs et non captifs des transports collectifs). L'absence de distribution des valeurs du temps, du confort, etc. ne permet pas d'évaluer correctement les avantages que les usagers à forte valeur du temps retirent de l'usage de l'ouvrage.

#### Conséquences pour la décision

Les méthodes [utilisées] simplificatrices d'évaluation des projets urbains de transport tendent à conforter les modes établis (voiture sans péage, transports collectifs subventionnés) pour lesquels elles sont adaptées. Les inconvénients de ces modes établis s'aggravent : congestion, déficit. Des solutions qui permettraient d'y remédier en partie ne peuvent pas être évaluées, car elles font intervenir des dimensions de la demande non prises en compte dans les méthodes actuelles (usagers à forte valeur du temps, desserte des quartiers en développement social).

### *Exemples de diversité qu'il est urgent d'intégrer*

Des solutions existent pour mieux satisfaire la demande qui est diverse, mais ne peuvent pas être correctement évaluées.

#### Les besoins des usagers pressés : les routes à péage en milieu urbain

La congestion de la circulation automobile urbaine affecte tous les usagers d'une pénalité temporelle. Or certains de ces usagers attribuent une forte valeur à cette pénalité.

Les routes à péage en milieu urbain — que nous avons appelées "routes de première classe" — permettent à ces usagers pressés de se déplacer rapidement, en payant pour éviter la congestion. L'évaluation de ces infrastructures sur la base d'une valeur du temps unique ne permet pas d'évaluer corrrectement leur intérêt économique. C'est pourquoi, le calcul des affectations de trafic et des avantages sur la base d'une distribution des valeurs du temps doit devenir une pratique courante.

#### Les besoins des enfants, des usagers soucieux de l'environnement, de leur santé... et de leurs dépenses de transport : la bicyclette

[Durant les années 80-90], l'accompagnement des enfants en voiture à l'école a doublé en 12 ans (de 15,3% en 1981 à 32,5% en 1993[28] des déplacements pour études, enquêtes transport Insee 1981-1982 et 1993-1994), au détriment de la marche et des deux roues : l'excès de circulation automobile conduit les parents à craindre les risques de laisser leurs enfants se rendre seul à l'école à pied ou à vélo. Les études de trafic n'ont pas vraiment pris en compte ces besoins spécifiques.

[Durant la même période], la part des distances parcourues à pied ou à bicyclette a été divisée par deux en 12 ans (de respectivement 4,3% et 1,7% en 1981 à 2,4% et 0,9% en 1993 des distances parcourues par les personnes de plus de cinq ans à moins de 80 km, enquêtes transport Insee 1981-1982 et 1993-1994). Or chacun sait le bénéfice pour la santé de l'exercice physique. Devant un environnement urbain de plus en plus agressif, les personnes soucieuses de leur forme sont amenées à prendre leur voiture pour aller pratiquer leur sport favori.

[28] 37,7% en 2007-2008 (Papon & de Solère 2010B2, voir tome 2)

Les personnes à faibles ressources, souvent enfermées dans des ghettos peu accessibles, ont du mal à acheter les titres de transport et à trouver des autobus les amenant dans les centres urbains. Pourtant, la bicyclette serait pour elles un moyen peu coûteux d'accéder aux services urbains, si le problème de son stationnement sûr et commode dans les lieux publics et dans les immeubles d'habitation était traité.

Or, la prise en compte de la bicyclette dans les études de trafic urbain permettrait d'intégrer les avantages de la satisfaction de ces besoins spécifiques, comme cela se fait aux Pays-Bas où la bicyclette assure 28% des déplacements (2,8% en France). Des scénarios de changement pourraient être évalués : équipement de tous les établissements scolaires et des gares en systèmes de stationnement sûr pour deux-roues, aménagements cyclables développés en réseau dense, politique généralisée de modération de la circulation en ville hors quelques grands axes, restriction sévère du stationnement automobile en ville, péage urbain, développement des rues piétonnes, piétons-bus, piétons-deux roues et des rues mixtes où tous les usagers cohabitent à vitesse faible, campagnes de sensibilisation aux coûts et effets négatifs de l'automobile et aux avantages des modes non motorisés.

#### Conclusion pour l'économie des transports

La prise de conscience récente de certains problèmes urbains (quartiers en développement social, pollution, déficits publics, congestion) va nécessiter de développer des approches innovantes en matière de transport. Une remise à niveau des méthodes d'évaluation utilisées sera nécessaire pour apprécier correctement l'utilité collective de certaines mesures qui s'adressent à des besoins jusqu'à présent mal pris en compte. La grande question d'économie des transports urbains n'est pas : « l'automobile pour tous est-elle préférable aux transports collectifs pour tous », mais « quelles solutions de transport favoriser pour les multiples attentes individuelles et sociales qu'il s'agit de déceler, pour accroître le bénéfice collectif de la mobilité urbaine ».

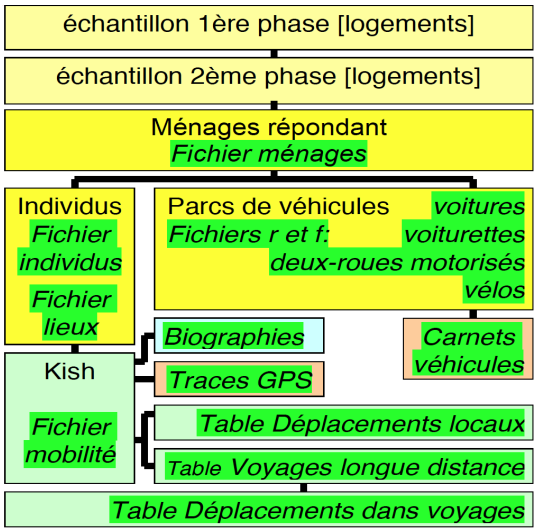
### 4.2.2 Davantage de vélo dans les enquêtes

Nous avons vu au §3.4.5 les raisons qui ont poussé à renforcer la problématique du vélo dans le questionnaire de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008. Examinons plus en détail comment ce renforcement a été mis en œuvre (d'après notamment Papon & de Solère, 2010K4).

#### *L'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008*

Environ, une fois par décennie, le Ministère chargé des transports et l'Insee mènent une enquête nationale sur les transports auprès des ménages sous la direction scientifique de l'Inrets depuis 1993 puis de l'Ifsttar. C'est la source de données procurant la vue générale de la mobilité la plus complète et cohérente, pour tous les modes de transport et toutes les situations sociales, démographiques, géographiques des personnes vivant en France métropolitaine. L'objectif de ces enquêtes est la connaissance des déplacements des ménages résidant en France et de leur usage des moyens de transport tant collectifs qu'individuels. Ces enquêtes sont les seules sur la mobilité réalisées à cette échelle et qui décrivent tous les déplacements, quels que soient le motif, la longueur, la durée, le mode de transport, la période de l'année ou le moment de la journée. Elles s'intéressent aussi, pour comprendre ces comportements, aux possibilités d'accès aux transports collectifs et aux moyens de transport individuel dont disposent les ménages (Armoogum & Roux, 2011). L'Enquête nationale sur les transports et les déplacements 2007-2008 a eu lieu du 30 avril 2007 au 29 avril 2008. La figure 7 en donne l'architecture générale.

**Figure 7. Architecture de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008**




L'échantillon de l'enquête repose sur un échantillon de ménages. En 2007-08, environ 20 000 ménages ont été interrogés, ce qui représente 45 000 individus. Un individu par ménage a été tiré au sort, selon la méthode « Kish »[29], pour répondre sur ses déplacements quotidiens et longues distances. Soit 18 600 résidents en France âgés de 6 ans et plus ont répondu pour un total de 133 000 déplacements à moins de 100km de leur domicile. Pour éviter les effets saisonniers, l'enquête a été passée en six vagues couvrant une année. La durée totale des interviews est d'environ 125 minutes, en deux visites.

Six instruments d'enquêtes sont utilisés :

1) Durant la première visite un questionnaire CAPI a été conçu pour recueillir au niveau du ménage, et de l'ensemble de ses membres, les variables socio-démographiques, les caractéristiques des déplacements réguliers vers le travail, l'école ou la crèche ; les permis de conduire et l'usage de la voiture ; les accidents ; les abonnements et titres de transport en commun ; la description des véhicules disponibles dans le ménage et l'environnement du logement ;

2) Un carnet de sept jours, devant être rempli par les utilisateurs, a été attribué à l'un des véhicules du ménage, pour la première fois ce véhicule pouvait être un deux-roues (choisi avec une distribution de probabilité inégale pour surreprésenter les deux-roues motorisés, qui sont particulièrement intéressants du point de vue de la sécurité routière) ;

3) Durant la seconde visite, l'individu « Kish » de 6 ans et plus, choisi avec une distribution de probabilité inégale pour surreprésenter les personnes les plus mobiles, a dû décrire ses déplacements de longue distance (à plus de 80 km à vol d'oiseau du domicile) réalisés pendant les trois mois précédant l'enquête ;

[29] Parmi les membres du ménage éligibles pour une enquête donnée (par exemple, les individus de 6 ans et plus), l'individu « Kish » est celui qui est tiré au hasard pour répondre au questionnaire de l'enquête.
La méthode de sélection de l'individu est tirée du nom de son concepteur, le statisticien américain Leslie KISH, spécialiste des méthodes d'échantillonnage ; d'autres techniques de sélection seront développées ensuite. Les méthodes de sélection de l'individu Kish consistent en un tirage aléatoire d'un individu de manière à assurer l'équiprobabilité de tirage des individus faisant partie du champ de l'enquête (chaque individu éligible du ménage - en l'occurrence les personnes âgées de 6 ans et plus - a la même probabilité d'être sélectionné)
D'après http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/individu-kish.htm

4) Le même individu « Kish » a aussi dû décrire ses déplacements un jour de semaine, et aussi un (ou deux) jour(s) de weekend précédant la date de la deuxième interview ;

5) Un sous-échantillon d'environ 1100 individus a rempli une grille biographique pour décrire les moyens de transport utilisés au cours de leurs vies ;

6) Un sous-échantillon d'environ 750 volontaires a reçu un récepteur GPS enregistrant les traces des déplacements réalisés entre les deux visites.

La collecte des données assure globalement la continuité avec l'enquête précédente pour calculer des évolutions, mais elle inclut un certain nombre d'innovations : deux instruments nouveaux (le GPS et les biographies), un instrument existant appliqué aux vélos et deux-roues motorisés (le carnet véhicule), de nombreuses nouvelles questions, en particulier sur l'utilité primaire des déplacements et sur le vélo. J'ai participé à toutes les étapes de l'enquête, de la définition des questionnaires, leurs tests, jusqu'à l'exploitation. J'ai été impliqué notamment dans la plupart des innovations introduites.

### *Les innovations sur le vélo*

De nombreuses questions ont été insérées dans le questionnaire pour mieux connaître le parc de vélos, l'accès au vélo et sa pratique. Ces questions concernent plusieurs fichiers de l'enquête (figure 7) : le fichier "ménages", le fichier "individus", les deux niveaux (r et f) de fichiers "vélos", les carnets vélos, les traces GPS, les biographies, les tables de déplacements locaux.

Au niveau du ménage, on demande non seulement le nombre de vélos d'adulte à disposition mais aussi le nombre de vélos d'enfants, et parmi chacun de ces deux nombres, le nombre de vélos utilisés depuis douze mois ; on interroge aussi le ménage pour savoir s'il a subi un vol de vélo depuis douze mois, et alors, si un membre du ménage a renoncé à la pratique du vélo après le vol. Pour les ménages habitant en habitat collectif, on pose la question : « Y a-t-il, dans les parties communes de votre immeuble, un local ou une cour destiné au rangement des vélos ? » On demande aussi s'il y a un parking deux-roues à la gare la plus proche du domicile, s'il y a des pistes cyclables et quel est l'état des routes dans un rayon d'un kilomètre autour du domicile.

Au niveau de chaque individu des ménages, on demande s'il marche au moins trente minutes par jour en moyenne (niveau recommandé pour préserver la santé), s'il fait du sport au moins une fois par semaine, s'il se déplace à vélo, régulièrement ou occasionnellement, et quand c'est le cas, s'il aime cela, et s'il porte un casque. Pour les personnes gênées physiquement ou limitées dans leurs déplacements, on veut savoir si c'est pour rouler à vélo ou en moto. Pour les personnes de plus de 26 ans, on s'enquiert de la dernière fois qu'elles ont fait du vélo, et si elles auraient de l'appréhension à faire un kilomètre près de chez elles.

Dans la fiche vélo simple r, on demande l'utilisateur principal, et la fréquence d'utilisation.

Dans la fiche vélo détaillée f (qui concerne deux tiers des vélos), on demande le type de vélo, tous les utilisateurs, les modalités de stationnement la nuit, et si le vélo est équipé d'un compteur ; dans ce cas on demande le kilométrage annuel.

Pour un véhicule du ménage tiré au sort, on distribue un carnet véhicule, où les ménages doivent noter tous les déplacements réalisés avec ce véhicule entre les deux visites de l'enquêteur. Pour la première fois, ce véhicule peut être un vélo.

Pour certains individus qui ont reçu un récepteur GPS, on connaît la trace de leurs déplacements, y compris s'ils sont à vélo.

Dans les grilles biographiques, (voir §4.2.3) on dispose du moyen de transport principal pour chaque année de vie des enquêtés, dont la bicyclette est une modalité.

Dans les déplacements locaux, on sait quel vélo est utilisé si la bicyclette est choisie comme moyen de transport ; on distingue la promenade, et « se rendre sur un lieu de promenade », comme des motifs ; et pour certains déplacements on pose des questions sur l'utilité primaire du déplacement (voir §4.2.4).

### 4.2.3 Les biographies transport

Nous avons vu au §3.4.5 l'intérêt de faire appel à la mémoire des gens pour disposer de données inédites sur le passé. Pour ce faire nous avons entièrement développé un questionnaire biographique dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008. Les instruments d'enquête ont fait l'objet de plusieurs versions qui ont été testées (Papon *et al*., 2007M2), puis ont été mis en œuvre avec la formation des enquêteurs (Papon *et al*., 2007M1). Nous décrirons successivement le contexte scientifique, l'historique de la mise en œuvre, et les questionnaires obtenus (d'après Papon *et al*., 2010M4).

*Contexte scientifique : des enquêtes rétrospectives pour explorer la profondeur temporelle des comportements individuels et collectifs*

Cinq enquêtes nationales sur les transports ont eu lieu depuis les années soixante (1966-67, 1973-74, 1981-82, 1993-94 et 2007-08), permettant d'obtenir une photographie de la mobilité pour ces cinq points du passé. Mais ces données, bien que précieuses pour suivre l'évolution d'une enquête à l'autre, ne fournissent pas d'éléments sur ce qui s'est passé entre deux enquêtes, et surtout avant la première enquête. Par ailleurs, ces enquêtes n'approchent la mobilité qu'en coupe transversale sur un échantillon de la population qui renseigne sur sa mobilité d'un ou deux jours, mais ne dit rien sur les changements individuels de comportement des individus, car ce sont des individus différents qui répondent à chaque nouvelle enquête.

Pour ces deux raisons, le recueil biographique apporte des données précieuses : en couvrant une période historique plus longue et continue, et en suivant les individus tout au long de leur vie.

L'Enquête nationale sur les transports et les déplacements 2007-2008 comporte pour un sous-échantillon d'un bon millier d'individus une grille " biographique " à remplir par une personne du ménage. Les enquêtes biographiques sont une nouvelle méthode en France en ce qui concerne les transports, mais ont déjà été appliquées à d'autres champs (Bertaux, 1980 ; Riandey, 1985; Courgeau, 1985, 1991 ; Lelièvre, 1999). A l'étranger (Grande-Bretagne, Suisse), ces méthodes appliquées aux transports ont déjà donné des résultats remarquables (Pooley & Turnbull, 2000 ; Axhausen, 2006). Notre innovation est décrite plus précisément dans une communication (Papon *et al*., 2007C1).

Ces enquêtes biographiques sont l'occasion d'envisager des questionnements nouveaux, de mettre en relief les différentes échelles de temps selon les trois dimensions de l'âge, de la génération et de la période historique. Ces trois dimensions interagissent de manières différentes avec l'espace : l'âge en fonction des migrations individuelles qui font qu'un individu connaît plusieurs lieux successifs au cours de sa vie, la génération selon les territoires parcourus qui se sont considérablement élargis au cours du vingtième siècle, et la période en ce qui concerne la diffusion spatiale des modes de vie de Paris vers le rural profond. Les analyses à partir de ces données biographiques permettront ainsi notamment :

- de mesurer des évolutions des modes de vie sur le temps long ;
- de mesurer les écarts entre les générations successives ;
- de prendre en compte l'effet de la succession des générations et du vieillissement de la population sur ces modes de vie ;

- de prendre en compte l'évolution de l'organisation et de la recomposition de l'espace en ce qui concerne la structure des lieux de résidence et d'activité par région et zone d'urbanisation ;
- de produire des données quantitatives utiles à la modélisation ;
- de développer une approche longitudinale permettant d'évaluer les potentiels et les rythmes probables de changements de comportement en vue d'une mobilité durable ;
- de comprendre les évolutions historiques ayant conduit à une domination du mode automobile et à une dépendance à son égard.

Ces analyses permettent de croiser les regards de diverses disciplines : statistiques, économie, sociologie, histoire, géographie et prospective ; elles servent à produire une base de connaissance utile à orienter tous travaux stratégiques sur la mobilité.

### *Bref historique de la mise en œuvre des questionnaires biographiques dans l'Enquête nationale sur les transports et les déplacements*

Début 2005, lors de la mise au point des questionnaires de l'Enquête nationale sur les transports et les déplacements 2007-2008, j'ai suggéré des questions biographiques. Ainsi, une série de plus de 100 questions a été incluse, portant sur les différentes périodes de la vie de la personne interrogée (école maternelle, etc.), et sur les habitudes de ses père et mère. Ce questionnaire a été testé sur papier au printemps 2005. Compte tenu de la lourdeur du questionnaire, ajouté à la charge importante déjà imposée aux personnes interrogées par l'Enquête nationale sur les transports et les déplacements, il n'a pas donné satisfaction.

Dès septembre 2005, j'ai proposé des simplifications pour poser des questions biographiques par interrogation rétrospective aux âges de 4, 8, 12, 16, 20 ans, puis décennaux, portant sur les lieux de résidence, les activités, les lieux d'activité, les moyens de transport habituels et les véhicules à disposition. Elles ont rapidement évolué, en conformité avec les pratiques d'autres enquêtes biographiques, vers le remplissage d'une grille comportant une ligne par année.

À l'automne 2006, cette nouvelle version a été testée sur papier auprès d'un échantillon de 33 personnes dans la région Île-de-France. Ce test a montré que l'on obtenait des résultats exploitables, exposés dans le rapport (Papon *et al.*, 2007M2).

En 2007, pour alléger la durée des visites des enquêteurs, il a été suggéré de demander aux personnes interrogées de remplir elles-mêmes les grilles biographiques, et de les renvoyer par la Poste. Des tests de différentes formules, comparant les questionnaires auto-administrés avec ceux remplis par l'enquêteur ont été effectués auprès de 25 personnes dans la région Lorraine, et de 8 personnels de l'Inrets. Ces tests ont montré que la qualité des réponses était bien meilleure lorsque les grilles étaient remplies par les enquêteurs (Papon *et al.*, 2007M2). Finalement, cette solution sera retenue pour le questionnaire définitif (figure 8).

La personne interrogée décrit ses habitudes de déplacement au cours de sa vie (de sa naissance jusqu'à la date de l'enquête 2007 ou 2008). Ce questionnaire se présente sous forme d'une grille, où l'individu enquêté remplit les colonnes datées (une ligne représentant une année) qui sont la succession de ses résidences principales (communes), le nombre de véhicules à moteur dont disposait son ménage (deux et quatre roues), la composition de son ménage (en tout et mineurs), ses activités principales et leurs communes, et ses moyens de transport habituels.

**Figure 8. Extrait de la grille biographique utilisée dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008**

*Dans toutes les colonnes :* VAR *si variable (dure moins de six mois) ;* NSP *si ne sait pas ; faire un trait vertical si pas de changement*
*Dans les colonnes de* nombre : X *si au moins 1 et nombre exact non connu ;* 4R VP : quatre roues et plus (voitures particulières et camions) ; 2R MC : deux-roues (motos et cyclomoteurs)

| Année, Événement repère | Âge | Résidence principale | | Nombre dans le ménage | | | | Acti-vité | Lieu d'activité Ecole, études ou travail | | Moyen de trans-port habi-tuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nom complet de la commune *(arrondissement à Paris)* D *si déménagement dans la même commune* | Dépar-tement *ou pays* | Person-nes | | Véhicules à moteur | | | Nom complet de la commune *(arrondissement à Paris)* DOM *si activité à domicile* | Dépar-tement *ou pays* | |
| | | | | En tout | < 18 ans | 4R VP | 2R MC | *Code AB* | | | *Code MB* |
| Naissance en | 0 | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | | | |

### *Etat des questionnaires obtenus*

Dans la dernière Enquête nationale sur les transports et les déplacements 2007-2008, 1133 personnes « Kish » (volontaires sur ce volet) ont répondu sur la partie « biographie » au cours des vagues 4 et 5. J'encadre avec Jimmy Armoogum une thèse sur l'analyse de ces grilles pour établir une perspective longue sur l'évolution de la mobilité en France (Roux, 2012U).

Voici le résumé d'une communication sélectionnée dans le tome 2 sur le traitement des biographies. Certains autres résultats sont présentés au §5.2.4.

### *La correction des biais de collecte biographique pour la comparaison avec les enquêtes transversales*

(Papon, 2011C4, voir tome 2)

> À partir des données des questionnaires biographiques, il n'est pas possible de calculer le volume de mobilité réalisé, mais il est possible d'estimer la répartition modale pour les déplacements réguliers vers le travail ou les études, ainsi que la distance domicile–travail ou domicile–études. Il est aussi possible de calculer la répartition modale pour les personnes sans activité. Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux des enquêtes transversales historiques sur les déplacements qui ont été menées dans le passé en France (1966-67, 1973-74, 1981-82, 1993-94 et 2007-08).
>
> Néanmoins, un certain nombre de différences entre les deux types de résultats interviennent, à cause de plusieurs biais qui affectent les résultats biographiques (décès, migrations, effets mémoire). Le but du papier est de décrire comment certains de ces biais ont été corrigés. Il traite de l'échantillonnage général et du taux de non réponse de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008, des biais de survie, et des biais géographiques. Des comparaisons entre les résultats des enquêtes biographiques, et les résultats des enquêtes transversales historiques, sont aussi présentées.

## 4.2.4 L'utilité primaire des déplacements

Si les biographies explorent les aspects longitudinaux de la mobilité, et peuvent expliquer les comportements actuels par l'histoire de la vie de chacun, une autre

dimension est essentielle pour comprendre les motivations profondes de la mobilité : l'intérêt du déplacement en tant que tel.

*Contexte scientifique : une investigation des motivations intrinsèques des déplacements*

La demande de déplacement est traditionnellement considérée comme une demande entièrement dérivée, car se déplacer d'un endroit à un autre est nécessaire pour mener à bien des activités dans des lieux différents. Cependant, quelques investigations théoriques ou empiriques mettent en évidence l'utilité intrinsèque du déplacement (Hupkes, 1982; Marchetti, 1994; Mokhtarian *et al*., 2001). Celle-ci varie selon les déplacements, de zéro, pour les déplacements exclusivement dédiés à rejoindre la destination, à la totalité de l'utilité du déplacement, pour les déplacements entrepris entièrement pour eux-mêmes comme les promenades, avec la plupart des déplacements se situant entre les deux, avec un certain degré de satisfaction venant de l'activité de déplacement elle-même. Des travaux récents tentent de cerner cette utilité intrinsèque positive du déplacement (Mokhtarian et Salomon 1999, 2001 ; Redmond et Mokhtarian, 2001 ; Richardson, 2003 ; Mokhtarian, 2005 ; Diana 2005U, 2006U, 2008). Différentes techniques sont utilisées pour la mesurer, à partir d'enquêtes factuelles sur les déplacements, d'enquêtes de préférences déclarées, ou d'enquêtes sur les attitudes et les opinions : analyses factorielles, construction de variables représentant ces attributs positifs du déplacement (Papon *et al.*, 2007C1, 2008C2, voir tome 2).

Si le déplacement a un avantage intrinsèque positif, il a aussi une désutilité propre pour l'usager, traditionnellement considérée comme un coût. Les composantes les plus souvent étudiées de ce coût sont le coût monétaire et le coût en temps, mais de nombreux autres coûts sont cités dans la littérature (inconfort, stress, effet sur la santé, charge mentale) mais rarement monétarisés. Si un déplacement est entrepris, selon la théorie économique, c'est que le surplus du consommateur est positif, c'est-à-dire que la somme de ses coûts est inférieure à la somme de ses avantages, avantages primaires du déplacement pour lui-même et avantages secondaires liés à l'intérêt de rejoindre la destination. Si les avantages primaires sont le plus souvent négligés dans la modélisation de la demande de déplacement, ils sont forcément supérieurs aux coûts pour les déplacements qui n'ont pas pour objet de rejoindre une destination, et pour les autres déplacements on ne sait pas s'ils sont inférieurs ou supérieurs aux coûts.

Mais pour mieux comprendre le poids des motivations positives et négatives des déplacements, il est nécessaire de dépasser l'approche économique et comptable et de se référer à l'étude sociologique des contraintes pesant sur la mobilité (Kaufmann, 1997, 2000, 2001, 2002, 2006 ; Flamm, 2004 ; Rocci, 2007U, 2008U, etc.). Les contraintes de choix modal sont liées à des effets multifactoriels : contexte économique, social, familial, géographique, également contexte de l'offre de transport, etc. Elles sont également liées aux perceptions des différents modes de transport, ainsi qu'à la connaissance de l'existence de ces différentes alternatives et de leur fonctionnement.

A travers une analyse du vécu et du ressenti des usagers dans les déplacements ainsi que de celle des jeux de préférences et de contraintes, ces travaux démontrent notamment les stratégies mises en œuvre par les usagers au quotidien pour réduire, contourner ou dépasser les contraintes pesant sur leur mobilité. Si les contraintes extrinsèques (contraintes contextuelles) ont un impact certain sur les potentiels de mobilité, les critères intrinsèques (le ressenti) permettent de comprendre l'attachement affectif à un mode de transport qui sera alors plus souvent utilisé pour se déplacer.

L'étude de l'utilité primaire des déplacements peut nécessiter de collecter des données spécifiques. Par exemple, Patricia Mokhtarian et Ilan Salomon (2001) décrivent les résultats d'une enquête postale attitudinale envoyée aux habitants de trois quartiers de la région de San Francisco. A.J. Richardson (2003) utilise une expérience de préférences déclarées adaptative pour identifier les voyageurs à Singapour dont la valeur du temps est nulle, ce qui est un indicateur de l'existence d'une utilité primaire

pour le déplacement considéré. Cependant, les grandes enquêtes périodiques sur la mobilité fournissent des quantités de données, et il est possible de les utiliser pour traiter de l'utilité primaire en ajoutant des questions spécifiques. C'est ce qui a été fait dans la dernière Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008 en France.




Jalonnement de la véloroute Eurovélo 6, Tuttlingen, Allemagne, 19/06/11. Photo Francis Papon.

## *Le développement des questions sur l'utilité primaire*

D'après (Papon *et al.*, 2008C2, voir tome 2)

### Étape 1 : première version de questions sur l'utilité primaire

À l'occasion de la révision du questionnaire de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements, en février-mars 2005, cette première version a été introduite. L'idée première était de classer chaque déplacement dans l'une des trois catégories : (1) déplacement motivé seulement par l'activité à destination, (2) déplacement ayant aussi de l'intérêt en lui-même (3) déplacement sans autre justification que lui-même.

Cette troisième possibilité a été rendue identifiable par l'inclusion du motif « promenade sans destination précise » dans la liste des motifs. Un autre motif existait déjà : « faire du sport », pour prendre en compte la pratique d'un sport comme destination, mais il pouvait aussi être compris comme le sport au cours du déplacement comme pour faire du vélo ou du jogging.

Pour le reste, pour s'inspirer de l'expérience des résultats préliminaires de l'enquête exploratoire sur les attitudes menée à l'Inrets (Diana, 2005U, 2006U), je suggérai d'ajouter une question filtre pour chaque déplacement demandant si la chose la plus importante pour ce déplacement était d'aller d'un lieu à un autre, ou si les activités pratiquées pendant le déplacement étaient importantes, ou si les sensations ressenties durant le déplacement étaient importantes. Ensuite, dans l'hypothèse du choix de l'une de ces deux dernières possibilités, suivant le cas, la personne interrogée aurait dû choisir, dans une liste, l'activité la plus importante, ou la sensation la plus importante.

Mais suite à une discussion entre collègues, nous pensâmes que la question filtre pourrait rebuter certains répondants, et il fut décidé de la poser après les deux autres, qui du coup auraient été demandées à tout le monde. Une autre question considérée fut de demander si le répondant aurait préféré utiliser un dispositif de téléportation pour ce déplacement, s'il en avait existé. Pour réduire la répétitivité de ces questions sur les déplacements, il fut décidé de ne les demander que pour un déplacement choisi au hasard, après la description de tous les déplacements.

Nous eûmes aussi une discussion stimulante avec Patricia Mokhtarian, qui fit trois importantes suggestions. La première fut d'ajouter plus de motifs, en distinguant les promenades, des déplacements pour se rendre sur un lieu de promenade. Elle suggéra

aussi les motifs « besoin de changement » et « curiosité » qu'il ne fut pas possible d'inclure, car seul des faits et non des intentions pouvaient être acceptés dans l'enquête.

Sa deuxième suggestion fut de poser des questions supplémentaires pour chaque déplacement pour savoir s'il y avait une alternative sans déplacement, si la destination la plus proche pour le motif cité avait été choisie, et si le moyen de déplacement praticable le plus rapide avait été choisi, pour capturer la mobilité discrétionnaire en excès. Une question fut proposée à partir de cette suggestion : « Quelle solution alternative auriez-vous pu choisir pour ce déplacement ? » en choisissant la première réponse valable dans la liste : supprimer totalement le déplacement, remplacer le déplacement par l'utilisation de moyens de télécommunication, aller à une destination plus proche pour pratiquer la même activité, faire le déplacement avec un moyen de transport moins polluant, emprunter un itinéraire plus direct ou prenant moins de temps, faire le déplacement un autre jour, autre solution alternative, pas d'alternative.

La troisième suggestion concernait les carnets de déplacement, mais cet instrument d'enquête n'était pas prévu. Ainsi, en septembre 2005, nous nous retrouvâmes avec une proposition de cinq questions supplémentaires (activités, sensations, raison principale, téléportation, alternative) pour un déplacement tiré au sort. Il fut aussi décidé de restreindre les questions sur l'utilité primaire aux déplacements de 10 minutes ou plus.

#### Étape 2, test Capi et deuxième version de questions sur l'utilité primaire

Au printemps 2006, un test Capi fut mené, et la durée moyenne des interviews était de deux heures et demi (pour les deux visites) ce qui impliquait une charge trop lourde pour les personnes interrogées, et le questionnaire dut être réduit encore.

Seulement les questions sur l'activité pendant le déplacement et la hiérarchie des motivations furent préservées, tandis que la question sur les sensations fut réduite à deux questions sur les caractères agréable ou fatigant du déplacement. De plus, deux questions furent ajoutées par d'autres sur les incidents.

Finalement, les questions retenues sont les suivantes (avec le nom de la variable) :

- MUACTI Pendant ce déplacement, avez-vous eu des activités particulières (en dehors des activités nécessaires au transport) ? 1. Oui; 2. Non

- MUACTIVITE De quelle(s) activité(s) s'agissait-il ? (3 réponses possible) 1. Travailler, étudier ; 2. Lire ; 3. Téléphoner, envoyer des messages ; 4. Discuter avec d'autres personnes ; 5. Jouer seul ou avec d'autres personnes ou avoir une activité manuelle ; 6. Écouter de la musique ou la radio ; 7. Penser, rester seul ; 8. Regarder le paysage, les vitrines, les gens ; 9. Manger, boire, fumer ; 10. Dormir, somnoler ; 11. Autre. Précisez : MUACTIVAUT

- MUINCIDENT Comment ce déplacement s'est-il déroulé ?
1. Sans incident ; 2. Avec incident

- MUQUELINCIDENT De quelle nature était cet (ces) incident(s) ? (3 réponses possibles) 1. Véhicule en panne ; 2. Véhicule bloqué dans un embouteillage ; 3. Train ou métro arrêté entre deux gares ; 4. Voyageur agressif vis-à-vis de vous ou de quelqu'un d'autre ; 5. Comportement dangereux d'un automobiliste ; 6. Perte momentanée du contrôle du véhicule ; 7. Comportement imprudent d'un piéton ou d'un deux-roues qui vous a gêné ; 8. Correspondance ratée occasionnant un retard de plus de 20 minutes ; 9. Autre. Précisez : MUQUELINCIDAUT

- MUSENSATION Avez-vous trouvé ce déplacement (une seule réponse) 1. Agréable ou plutôt agréable ? 2. Désagréable ou plutôt désagréable ? 3. Ni l'un ni l'autre

- MUFATIGUE Avez-vous trouvé ce déplacement fatigant ? (une seule réponse) 1. Oui, surtout nerveusement ; 2. Oui, surtout physiquement ; 3. Oui, les deux ; 4. Non, pas fatigant

- MURAISON Quelle est la phrase qui s'applique le mieux à ce déplacement ? (une seule réponse) 1. La seule chose importante dans ce déplacement a été de me rendre d'un lieu à un autre ; 2. Les activités pratiquées pendant le déplacement étaient importantes pour moi ; 3. Les sensations éprouvées pendant le déplacement étaient importantes pour moi

À côté des ces questions spécifiques sur l'utilité primaire pour un déplacement, pour tous les déplacements on demande le motif à destination, avec les deux motifs « promenade sans destination précise », et « se rendre sur un lieu de promenade », ce qui fait qu'il est possible d'analyser tous les déplacements non motivés par la destination, alors que dans les enquêtes précédentes, ces déplacements étaient mélangés dans les « autres motifs personnels ». En revanche le motif « faire du sport » existait déjà dans la précédente enquête, et m'avait permis de faire une typologie des cyclistes (Papon, 1999M1).

La question sur la phrase qui s'applique le mieux au déplacement permet de détecter les déplacements qui ne sont pas des promenades, mais qui ne sont pas principalement motivés par le besoin de se rendre à la destination. Les questions sur les activités, les incidents, l'agrément et la fatigue décrivent des circonstances qui accroissent ou réduisent l'utilité du déplacement. En croisant ces questions avec les motifs de déplacement, les modes de transport, ou les variables socio-démographiques, on peut évaluer l'appréciation des modes de transport, des motifs de déplacement, et tenter de modéliser l'utilité primaire des déplacements.

Voici enfin le résumé d'une communication sélectionnée dans le tome 2 sur le sujet, présentant la méthodologie du recueil, et les perspectives d'exploitations[30].

### *Essais expérimentaux spécifiques ou ajouts dans les grandes enquêtes de mobilité pour investiguer les questions comportementales liées au transport : le cas de l'utilité primaire de la mobilité*

(Papon *et al*., 2008C2, voir tome 2)

Pour de meilleures investigations de l'utilité primaire des déplacements, ce papier examine deux enquêtes menées récemment en France dans le but de capturer des données empiriques sur ce sujet : une enquête exploratoire auprès du personnel de l'Inrets, et les questions spécifiques ajoutées dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements. Il est évident que ce sont deux méthodologies radicalement différentes qui peuvent être utilisées pour étudier n'importe quelle question sur le comportement de déplacement, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients, mais aussi pouvant présenter des complémentarités et des synergies. L'objectif général du papier est alors de comparer et de contraster les opportunités et les défis que ces différents instruments d'enquête présentent pour la recherche sur l'utilité primaire des déplacements. Pour réaliser cette comparaison, les deux instruments d'enquête sont décrits, en insistant sur les innovations introduites pour obtenir les données pertinentes. Ensuite, la comparaison entre les deux instruments est conduite suivant quatre aspects : les objectifs, la mise en œuvre, les dimensions des variables de l'utilité primaire, les résultats attendus. Quelques résultats sont aussi donnés concernant l'influence du genre, de l'âge et du moyen de transport principal utilisé pour le déplacement étudié sur les variables relatives à l'utilité primaire.

[30] Les données sont en cours d'exploitation, et font l'objet de papiers en cours.

### 4.2.5 Conclusion : des avancées promettant des résultats

Les pratiques traditionnelles d'évaluation économique considéraient un usager moyen. Nous avons montré qu'en segmentant la demande, il était possible de mettre en évidence des bénéfices pour la collectivité auparavant ignorés : certains projets de transport comme les routes à péage se justifient par l'avantage qu'elles apportent aux usagers à valeur du temps élevée ; ou les mesures pour les cyclistes ouvrent l'univers de choix de la mobilité urbaine en soulageant les inconvénients de la circulation automobile et les coûts du transport collectif. En décrivant mieux la diversité et la complexité de la demande de mobilité, il est ainsi possible de satisfaire plus de besoins, d'accroître le bien-être collectif, tout en réduisant les inégalités sociales et territoriales d'accessibilité et l'impact sur l'environnement.

Les enquêtes traditionnelles sur les transports visaient surtout à dimensionner l'offre de routes pour les voitures et l'offre de transport collectif. En enrichissant les questionnaires de nombreuses questions nouvelles sur le vélo, nous apportons des connaissances sur un autre mode qui permettront de mieux le prendre en compte dans les futures politiques de transport et de surmonter les impasses environnementales et financières de la dichotomie modale dominante.

Les enquêtes traditionnelles sur les transports fournissaient une image de la mobilité en coupe transversale. En développant des questionnaires biographiques, nous avons créé des données qui non seulement permettent de reconstituer l'évolution historique de la mobilité en France, mais aussi peuvent faire l'objet d'analyses longitudinales sur les changements individuels de comportement de mobilité, précieuses pour comprendre les inerties du système actuel de déplacements.

La conception traditionnelle d'un déplacement était celui d'une demande entièrement dérivée du besoin de se rendre sur le lieu de destination pour pratiquer une activité. En développant des questionnaires et des analyses spécifiques sur l'utilité primaire des déplacements, nous avons mis en évidence que les motivations de la mobilité étaient beaucoup plus complexes, et cette compréhension peut remettre en cause la planification des infrastructures de transport.

Ces innovations créatrices participent d'un regard nouveau sur la mobilité et d'une ouverture du champ des politiques de transport traditionnelles. Les travaux sur ces sujets se poursuivent, et tous les résultats ne sont pas encore disponibles. Dans le chapitre suivant, nous mettons en avant nos résultats marquants, avec des méthodes traditionnelles ou nouvelles.

# 5 Le clou des résultats et apports

无知者无疑
*Wú zhì zhě wú yí.*
Qui ne sait rien ne doute de rien (proverbe chinois).

## 5.1 De la congestion à la mobilité durable

Cette section présente des résultats de recherche sur la mobilité, ne portant pas spécifiquement sur le vélo, mais visant une mobilité durable. Commençant avec ma thèse sur le péage urbain, continuant avec diverses expertises, dont la participation à deux groupes de travail de l'OCDE, et l'étude multimodale de trafic interurbain sur le corridor Nord-Sud, ma réflexion sur la problématique de la circulation urbaine a évolué : d'une attaque frontale de la question de la congestion par le péage, le challenge est devenu : comment maîtriser la demande ? Le texte du §5.1.1 écrit en 1998 fait le point à cette époque sur mes enseignements, voire mon scepticisme sur le sujet. Bien que certains chiffres pourraient être actualisées par de nouvelles recherches, en particulier les projections pour 2010, les conclusions demeurent, étonnamment, en général toujours valables.

Le §5.1.2 suivant présente les résumés de cinq articles sélectionnés dans le tome 2 qui prolongent cette réflexion. Le premier expose une méthode économétrique de projection de la mobilité en Île-de-France, qui a du mal à s'écarter des tendances passées. Le deuxième s'interroge sur un découplage éventuel de la circulation de la croissance économique, en étudiant en particulier le kilométrage par véhicule et les facteurs géographiques. Le troisième, dans la foulée, disserte sur l'existence de seuils de saturation hypothétiques de la mobilité des personnes. Le quatrième étudie deux comportements actuels (la location de voiture et le partage des voitures au sein des ménages) qui pourraient préfigurer des modalités d'utilisation futures mais improbables de la voiture. Contrairement aux quatre autres, le cinquième article ne traite pas de la voiture, mais de l'impact d'une ligne de tramway sur les prix immobiliers.

Cela constitue une introduction opportune au thème du §5.1.3 relatif à la coordination entre urbanisme et transport, et qui reproduit une fiche de synthèse du projet franco-allemand Bahn.Ville. Si la gestion et la limitation de la circulation automobile est si difficile, il est sans doute aussi nécessaire de proposer des actions incitatives à l'usage d'autres modes, avec une approche intégrée qui dépasse le seul cadre du transport mais inclut aussi celui de l'urbanisme, qui est un déterminant majeur des pratiques de mobilité.

Enfin le §5.1.4 fait une présentation synthétique et politiquement correcte (à destination des Coréens en 2011) de la planification des transports collectifs en Île-de-France, qui est cruellement nécessaire pour faire face à une demande croissante.

Ainsi, cette section traite des moyens de rendre la mobilité plus compatible avec les enjeux du développement durable, en ne traitant que de la voiture particulière et des transports collectifs, avant l'introduction du mode *vélo*.

### 5.1.1 La difficile mise en œuvre de la gestion de la demande de mobilité

Quelques éléments sur la situation française (traduit de l'anglais d'après Papon, 1998C2).

*Introduction à la gestion de la demande*

La gestion de la demande de circulation routière vise à réduire l'excès de véhicules circulant sur les routes avec des mesures agissant sur la demande de mobilité. Elle s'oppose à la gestion de l'offre qui traite de la quantité de route disponible. L'excès se réfère au niveau qui est techniquement possible (la capacité) ou économiquement optimal (le surplus de l'usager marginal égale son coût marginal social).

La gestion de la demande de circulation routière devrait prendre en compte à la fois le transport de marchandises et le transport de voyageurs. Ce dernier contribue davantage au problème, car les voitures privées dominent tous les autres véhicules, particulièrement aux lieux et aux périodes où la congestion se produit. Aussi nous ne traiterons que de la question de réduire le nombre de voitures, plus particulièrement en agglomération.

Pour ce faire, plusieurs sous-objectifs peuvent être considérés :

- réduire le nombre de déplacements ;

- accroître la part des modes autres que la voiture particulière ;

- accroître le nombre de voyageurs par voiture ;

- changer la destination ou l'heure de la journée des déplacements faits en voiture ;

- changer l'itinéraire des déplacements faits en voiture.

La réduction du nombre de déplacements semble improbable, car le nombre de déplacements par personne et par jour est une sorte de constante du comportement humain[31] : environ 3,2 pour les personnes âgées de 6 ans et plus et vivant en France métropolitaine, selon les enquêtes nationales sur les transports de 1981-1982 et 1993-1994 auxquelles nous nous référons ici.

Nous montrerons la difficulté de mener à bien les autres sous-objectifs dans le cas de la France, car les tendances conduisent dans la direction contraire, et les mesures qui pourraient renverser la vapeur ont peu de soutien ou peu d'effet.

*Mauvaises tendances pour le transport collectif [dans les années 1990]*

Pour différentes raisons, la clientèle potentielle du transport collectif [décroissait] ainsi que les perspectives de massification des flux.

**Moins d'emplois, moins concentrés dans les centres villes, avec plus de stationnement**

Les déplacements domicile–travail étaient le motif le plus important des déplacements en transport collectif (42% en 1982, Papon, 1997M2). Mais le nombre total de déplacements liés au travail [décroissait] (de 33% de tous les déplacements en 1982 à 28% en 1994). Ainsi ce marché se [rétrécissait] pour le transport collectif.

L'autre motif important pour les déplacements en transport collectif est les études. Le nombre total de ces déplacements [demeurait] constant, à 14% de tous les déplacements, sous le double effet de la réduction de la population de jeunes, et de l'accroissement de la proportion de ceux qui sont élèves ou étudiants. Ainsi, les études [étaient alors] le premier marché du transport collectif (39% in 1994).

[31] Même s'il y a des variations sensibles suivant les pays, les zones géographiques, les époques ou les catégories sociales, les enquêtes en France montrent peu de changement de la fréquence de déplacement. De plus, jusqu'à présent, il est apparu peu souhaitable de limiter la mobilité des personnes.

Mais dans l'ensemble, le changement de motif de déplacement [était] responsable de 40% du déclin observé dans la clientèle du transport collectif dans la région Île-de-France (Orfeuil, 1997, p.9).

Les déplacements domicile–travail restants [avaient] une structure origine–destination différente. Pour reprendre l'exemple de l'Île-de-France, les emplois à Paris [avaient] décru de 1975 à 1990 de 14% (Orfeuil, 1997, p.27). Au contraire, les emplois en grande couronne [s'étaient] accrus dans la même période de 32%. Bien sûr, l'accessibilité en transport collectif est meilleure pour les emplois au centre de Paris.

De plus, la décroissance des emplois à Paris ne [signifiait] pas la décroissance du nombre de places de stationnement dans Paris : ainsi, les emplois restants à Paris [pouvaient] être atteints plus facilement en voiture. Bien sûr, les nouveaux emplois en grande couronne [avaient] tous un grand nombre de places de stationnement réglementaires.

#### Urbanisation des zones les moins denses

La croissance de la population observée au recensement de 1990 [s'était] produite principalement à la périphérie des grandes agglomérations. La projection pour la période 1990-2010 faite par l'Insee [montrait] qu'une croissance plus forte était attendue dans les zones comprises entre 30 et 50 kilomètres de Paris centre (+ 50%) et dans les zones situées dans des couronnes autour des grandes villes de province (+ 28%) alors que la moyenne [était] de + 9% pour la France[32].

Ce phénomène [était] lié aux souhaits des ménages français d'acheter un logement près de la nature, et d'éviter les nuisances de la circulation, mais aussi au contexte fiscal et aux incitations à la construction. L'achat de maisons neuves [était] encouragé par des réductions de l'impôt sur le revenu. Au contraire, la vente de logements anciens [était] découragée par des taxes élevées (environ 10%). Aussi, le marché immobilier [tendait] à offrir plus de lotissements de maisons neuves dans les zones périphériques, que d'appartements rénovés dans les zones centrales.

Une étude sur la région Île-de-France (Polacchini & Orfeuil, 1998) [montrait] que l'habitat plus périphérique [était] choisi par les moins aisés (car c'est moins cher). Mais, comme les services de transport collectif [n'étaient] pas suffisants dans ces zones, ils [devaient] payer les coûts les plus élevés de la voiture pour la mobilité. Tout accident personnel (divorce, chômage) [conduisait] ces personnes à la faillite, comme les maisons d'occasion se [vendaient] mal.

#### Des prix plus élevés pour le transport collectif, moins élevés pour la voiture

Pour réduire le déficit d'exploitation qu'ils [devaient] verser aux entreprises de transport, les pouvoirs publics [avaient] accru les tarifs du transport collectif : entre 1985 et 1995, +9.5% en termes réels pour toute la France, +19% pour les tickets de métro de Paris (Orfeuil, 1997, p.17).

De plus, les zones périphériques [étaient] plus affectées : le chiffre est de +31% pour une carte orange 5 zones. Comme l'accroissement de la population se [produisait] dans ces zones, cela [réduisait] l'attractivité du transport collectif. Les personnes qui [déménageaient] des zones centrales vers les zones périphériques et qui [abandonnaient] le transport collectif pour aller au travail [n'étaient] pas disposées à l'utiliser occasionnellement, parce que les tarifs des trajets de banlieue [étaient] élevés,

[32] La croissance a été moins forte que prévue en Île-de-France (qui n'a crû que de 10,7% en vingt ans de 10 660 554 en 1990 à 11 797 021 en 2010), et en province elle concerne surtout les périphéries des villes de Rennes, Nantes, Bordeaux, Toulouse, Montpellier, les littoraux atlantiques et méditerranéens, et les Alpes. Source Insee, consulté 3 mai 2012
http://www.statistiques-locales.insee.fr/carto/ESL_CT_cartethematique.asp?nivgeo=DEP&indic_id=620

un ticket différent [était] nécessaire pour le bus et pour le train, et le prix au kilomètre [était] proche du coût marginal de circulation en voiture, même en solo.

En même temps, les prix de l'essence [avaient] décru en termes réels de 19%, et de 32% pour le gasoil. Les craintes de grèves des routiers [empêchaient] le gouvernement de réduire l'écart. Aussi les automobilistes [tendaient] à préférer l'achat de véhicules diesel, ce qui [accroissait] l'effet des prix plus bas des carburants.

*Mauvaises tendances pour la marche et le vélo*

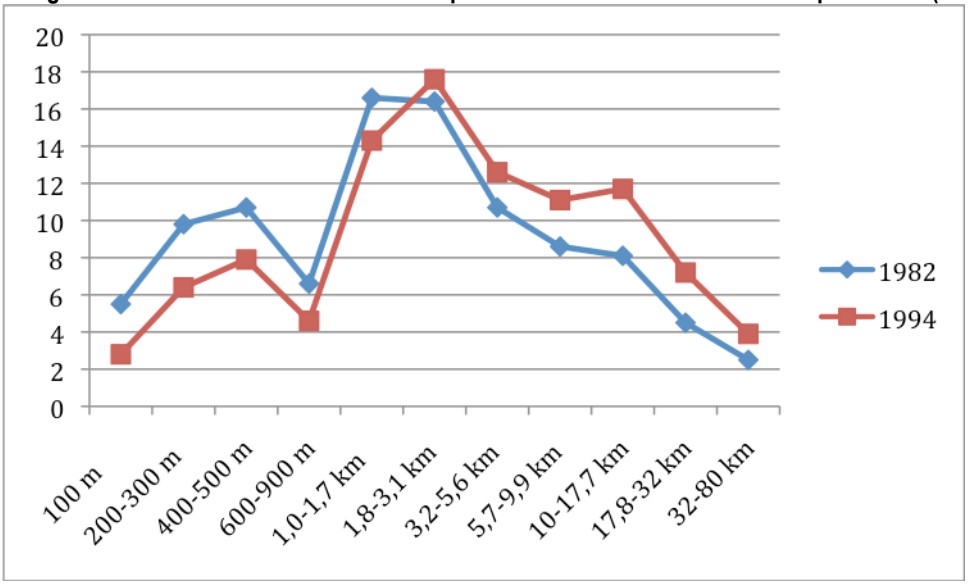
Les utilisateurs potentiels des modes de proximité (marche et vélo) [devenaient] plus rares car les distances à parcourir [s'accroissaient].

**Tableau 9. Évolution de la part de la marche selon les distances dans les déplacements de semaine à moins de 80 km du domicile, personnes de 6 ans et plus vivant en France, en %[33].**

| Groupe de distance | Part modale de la marche | | Part du groupe de distance | |
|---|---|---|---|---|
| | 1982 | 1994 | 1982 | 1994 |
| 100 m | 95,5 | 95,0 | 5,5 | 2,8 |
| 200-300 m | 88,5 | 88,0 | 9,8 | 6,4 |
| 400-500 m | 70,4 | 69,9 | 10,7 | 7,9 |
| 600-900 m | 66,1 | 60,8 | 6,6 | 4,6 |
| 1,0-1,7 km | 35,3 | 31,1 | 16,6 | 14,3 |
| 1,8-3,1 km | 12,4 | 10,5 | 16,4 | 17,6 |
| 3,2-5,6 km | 2,7 | 2,5 | 10,7 | 12,6 |
| 5,7-9,9 km | 0,8 | 0,4 | 8,6 | 11,1 |
| 10-17,7 km | 0,2 | 0,1 | 8,1 | 11,7 |
| 17,8-32 km | 0,1 | 0,0 | 4,5 | 7,2 |
| 32-80 km | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 3,9 |
| Ensemble | 34,1 | 23,2 | 100 | 100 |

Source: Papon, 1997B, voir tome 2 d'après les enquêtes transport Inrets-Insee 1981-1982 et 1993-1994.
Les groupes de distance ont été établis suivant une échelle géométrique de raison $10^{0,25}$ pour mieux représenter les déplacements courts.

[33] **Figure i. Évolution de la structure des déplacements selon la distance du déplacement (en %)**



La décroissance globale de la part modale de la marche dans les enquêtes transport françaises (tableau 9) de 34,1% en 1982 à 23,2% en 1994 [était] principalement due à la décroissance de la part des déplacements les plus courts (moins de 1,7 kilomètre).

#### De plus grandes distances vers le travail

Le taux de chômage élevé [rendait] le marché du travail plus difficile pour les personnes à la recherche d'un emploi, car elles [devaient] accepter des trajets plus longs pour aller travailler. Ceci [était] plus particulièrement le cas si deux personnes [travaillaient] dans le ménage.

Comme vu ci-dessus, les personnes [évitaient] de changer de logement à cause des coûts. Aussi, le rêve d'une ville équilibrée où les actifs [auraient pu] vivre et travailler dans le même quartier ne [pouvait] pas être réalisé. Par exemple, les villes nouvelles autour de Paris [avaient été] conçues avec un mélange équilibré de logements et d'activités, et un bon réseau pour tous les modes de transport, y compris des pistes cyclables. En fait, les personnes qui y [vivaient] vont pour la plupart travailler à Paris en train, et les personnes qui y [travaillaient] y [venaient] pour la plupart depuis des zones plus périphériques en voiture, car [c'était] facile de stationner.

#### Déclin du petit commerce

Le petit commerce [déclinait] et de plus en plus d'achats [étaient] faits dans des centres commerciaux plus distants qui attiraient 53% des déplacements pour achat en 1994. En conséquence, la part modale de la marche pour les déplacements achats [avait chuté] de 45% à 28% en 12 ans. Mais quand les commerces [étaient] situés à moins de 300 mètres, cette part [restait] à 42%. Les personnes âgées de 65 ans et plus [représentaient] 31% des déplacements pour achats à pied.

#### Insécurité des enfants allant à l'école

Laisser les enfants aller seuls à l'école à pied ou à vélo [était] ressenti comme dangereux car le trafic automobile [augmentait], aussi les enfants [étaient] accompagnés à l'école par leurs parents. Ce comportement [contribuait] à l'accroissement du trafic et la congestion [augmentait] dans un cercle vicieux. De toutes façons d'autres peurs (racket, drogue, pédophilie) [pouvaient] intervenir.

En conséquence la part modale de la voiture particulière pour les déplacements vers le lieu d'étude [avait] doublé en 12 ans, au détriment de la marche, du vélo, et du cyclomoteur (tableau 10).

**Tableau 10. Évolution de la part de différents modes pour études dans les déplacements de semaine à moins de 80 km du domicile, personnes âgées de 6 ans et plus vivant en France, en %.**

| Enquête | Marche | Voiture | Transport collectif* | Bicyclette | Cyclomoteur |
|---|---|---|---|---|---|
| 1982 | 52,1 | 15,3 | 18,7 | 7,5 | 5,9 |
| 1994 | 37,4 | 32,5 | 25,5 | 2,8 | 1,4 |

Source : Papon, 1997B, voir tome 2 d'après les enquêtes transport Inrets-Insee.
*Y compris ramassage scolaire.

#### De nouvelles générations de conducteurs âgés

Les personnes âgées [avaient alors] l'habitude de conduire et [marchaient] moins que dans le passé (tableau 11).

**Tableau 11. Permis de conduire par âge et sexe, en %.**

| Âge | 18-29 | 30-44 | 45-59 | 60-74 | > 75 |
|---|---|---|---|---|---|
| Enquête | Femmes | | | | |
| 1982 | 58 | 71 | 44 | 21 | 11 |
| 1994 | 67 | 82 | 74 | 44 | 23 |
| Enquête | Hommes | | | | |
| 1982 | 76 | 91 | 85 | 67 | 54 |
| 1994 | 80 | 94 | 93 | 87 | 70 |

Source : URF, 1997 d'après les enquêtes transport Inrets-Insee. Noter que le taux observé pour chaque tranche d'âge de plus de 45 ans en 1994 est à peu près celui de la tranche d'âge précédente en 1982.

### *Mauvaise acceptabilité des mesures de dissuasion*

Les mesures de dissuasion pour sortir les gens de leur voiture, particulièrement le péage, [étaient] mal perçues par la population car la gratuité de la circulation [était] considérée comme un droit.

#### Résistance aux péages urbains

Pendant des décennies, en France, les péages [avaient] été limités aux autoroutes interurbaines. Leur introduction dans les agglomérations [était] liée au nouveau contexte qui [était] apparu dans la décennie 1985-1995. Premièrement, la demande de déplacement [avait] manifestement augmenté, en particulier dans la période 1985-1990, avec pour conséquence des problèmes importants de congestion sur les réseaux de transport. Deuxièmement, la préoccupation accrue de la préservation de l'environnement naturel et urbain {avait] rendu les projets d'infrastructures moins dommageables, principalement au moyen de tracés souterrains, rendant ainsi les coûts de construction considérablement plus élevés. Troisièmement, les restrictions des budgets publics [avaient] conduit à limiter ou retarder les investissements, et à chercher des contributions du secteur privé. Quatrièmement, avec la décentralisation, l'État [avait] perdu son rôle de leadership dans le développement des infrastructures, mais les collectivités territoriales (communes, départements et régions) [n'avaient] pas gagné de nouveaux moyens financiers suffisants au regard de leur nouvelles responsabilités, de sorte que certaines [demandaient] la coopération du secteur privé (voir aussi Papon, 1997M3). Cinquièmement, le développement de quelques technologies (tunneliers, télépéage) [avait] permis à certaines entreprises de travaux publics de prendre l'initiative en proposant de construire et d'exploiter des routes souterraines à péage.

Ainsi [apparaissait] le concept de « routes de première classe » (Papon, 1992E2) : il désigne des voies rapides urbaines dont l'accès est limité par le péage. Les deux avantages du péage sont qu'il rend possible la limitation de la demande et (en principe) d'éviter les retenues sur la route (tarification de la congestion).

En pratique, de nombreux projets [avaient] été étudiés, à la demande, soit de l'État (A14, A86 ouest), soit de la région Île-de-France (Icare), soit du département des Hauts-de-Seine (Muse), soit de la ville de Paris (RSP), soit d'entreprises privées (Laser, Hysope), soit de la ville de Lyon (périphérique nord TEO), soit de la ville de Marseille (tunnel Prado-Carénage).

Ce dernier projet [avait été] le premier à être ouvert à la circulation en 1993, et sa rentabilité [semblait] satisfaisante. L'autoroute A14 (à l'ouest de Paris) fut mise en service en 1997, avec des conditions spéciales pour le covoiturage, et sans problèmes majeurs. D'autres routes à péage dans le voisinage des agglomérations [avaient] connu

des oppositions sévères de la part de la population locale. Ce fut le cas de l'autoroute périurbaine A64 au sud de Toulouse près de Muret : le péage [avait été] supprimé après des protestations de la population et la concession [avait été] remboursée par le département de Haute-Garonne à la société ASF en 1997. Lyon avec le périphérique TEO [donnait] un autre exemple : après beaucoup de contestation, et des difficultés pour le concessionnaire d'attirer la clientèle prévue, une décision de justice [avait déclaré] le contrat de concession illégal, et la route [avait dû] être fermée temporairement en février 1998. Enfin, l'autorité concédante, la Courly, c'est-à-dire en fait les contribuables de l'agglomération, [avait dû] rembourser le coût du projet au concessionnaire et reprendre l'exploitation.

Cette courte histoire des routes à péage en milieu urbain en France montre la difficulté à mettre en œuvre des plans impopulaires. Maintenant, l'impopularité est souvent inséparable de l'efficacité quand il faut réduire la demande.

#### Faible extension de la modération de la circulation

D'autres mesures que le péage, mesures qui sont dénommées par l'expression générale *modération de la circulation*, peuvent réduire le niveau de circulation dans les agglomérations. Les rues piétonnes [avaient] été développées dans beaucoup de villes depuis 1973, mais elles [demeuraient] habituellement moins ambitieuses que celles qui [avaient] été mises en œuvre dans d'autres pays européens : plus petite échelle, interdiction totale du trafic souvent transformée en acceptation limitée de véhicules.

Les zones limitées à 30 km/h, encouragées par la loi, [n'avaient] pas encore été mises en œuvre de manière significative. Les politiciens locaux [faisaient] souvent marche arrière pour mettre en œuvre des mesures de restriction de la circulation car ils [craignaient] que leurs électeurs [n'acceptassent] pas une réduction de leur mobilité en voiture.

### *Effets limités des mesures d'incitation*

Les incitations pour attirer les automobilistes vers les modes alternatifs sont bien acceptées, mais ont généralement des effets plus limités sur la circulation.

#### Promotion du transport collectif

Les campagnes de promotion des transports publics [avaient] été menées de manière répétée pendant 25 ans, et en fait un certain succès [avait] été enregistré. Mais ce succès [était] limité à un accroissement de la clientèle du transport collectif, et très peu de réduction de la circulation routière [pouvait] être observée.

Il faut garder à l'esprit que le budget de telles campagnes [demeurait] faible comparé aux dépenses de publicité de l'industrie automobile. De plus, une grève [pouvait] anéantir une campagne entière. Au moins, comme vu ci-dessus, les tarifs [avaient] augmenté en termes réels au cours de la dernière décennie.

#### Plans anti-pollution

La loi 96-1236 du 30 décembre 1996 *sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie* (Laure) permet aux préfets d'appliquer des mesures de restriction de la circulation en cas d'alerte à la pollution. Au premier niveau, seulement l'information du public et des conseils de « ne pas utiliser la voiture » sont diffusés. Au deuxième niveau, des réductions de vitesse, la gratuité du stationnement résidentiel, et un tarif à moitié prix pour le transport collectif sont mis en œuvre. Au troisième niveau, la gratuité du transport collectif, et l'interdiction de la circulation des automobiles suivant la parité du numéro d'immatriculation sont instaurées : ceci ne se produisit qu'une seule fois, le 1er octobre 1997 à Paris, avec une bonne acceptation des automobilistes. Mais est-ce que cette popularité durerait plusieurs jours ?

#### Information routière

L'information sur la circulation sur la route est utile pour réduire la congestion due aux incidents, mais a peu d'effet sur la congestion récurrente et apporte seulement aux automobilistes plus de confort : ils savent combien de temps ils devront attendre.

#### Adaptation naturelle aux conditions hostiles

Si les plans discutés en profondeur pour réduire la demande de circulation routière sont difficiles à mettre en œuvre, des événements soudains peuvent conduire les automobilistes à s'adapter. [Cela avait été] le cas en décembre 1995 quand les grèves du transport collectif [avaient] duré plusieurs semaines : la vitesse dans Paris [avait été] divisée par deux. Quelques automobilistes [étaient devenus] cyclistes, ou [avaient emporté] leurs vélos dans leurs voitures jusqu'à la zone saturée. Certains migrants [s'étaient regroupés] pour covoiturer. Certains actifs [avaient ramené] leur travail à la maison, ou [avaient dormi] sur le lieu de travail. Mais l'effet le plus impressionnant [avait été] le décalage des horaires de déplacement : la congestion le matin [avait commencé] à 5 heures au lieu de 7 heures. Certains des effets [étaient demeurés] après la fin de la grève. Les automobilistes [avaient continué] à apprécier la fluidité très tôt le matin. Le nombre de cyclistes [avait] augmenté. De nouvelles amitiés [s'étaient] nouées dans le covoiturage.

### *Conclusion : la nécessité de plans de transport d'ensemble*

La réduction de la demande de mobilité en voiture semble être une tâche difficile, en considérant les données du contexte français. Le transport collectif devrait desservir des déplacements plus dispersés. La marche et le vélo devraient assurer des déplacements plus longs. Les responsables politiques devraient voter des lois et réglementations impopulaires. Les automobilistes devraient se comporter en bons citoyens.

Cela ne signifie pas que la gestion de la demande de déplacement ne devrait pas être mise en œuvre. La circulation routière est responsable de pertes de bien-être graves : accidents, congestion, bruit, pollution. Clairement, l'équilibre offre–demande–niveau de service n'est pas toujours à son niveau le plus efficace dans les agglomérations.

L'extension des mesures de modération de la circulation dans les zones résidentielles peut grandement améliorer la situation pour la plupart des personnes souffrant du bruit, de la pollution locale, et de l'insécurité dans les quartiers, sans impact majeur sur la capacité routière. Le développement de mécanismes de tarification n'est pas suffisant pour prendre en main le problème, et un plan d'ensemble est nécessaire. Mais rien ne peut être fait si tous les partenaires ne sont pas consultés. Un consensus social est nécessaire pour espérer le succès du plan. De plus, des actions dans le domaine des transports peuvent ne pas être suffisantes, comme les déterminants de la demande de mobilité résident dans l'aménagement urbain ou la politique fiscale immobilière. Ainsi, un plan cohérent devrait inclure ces domaines et coordonner les politiques de différentes autorités publiques, à différents niveaux territoriaux de décision.

### 5.1.2 Plus de mobilité, jusqu'où ?

Nous donnons ici les résumés en français de cinq articles, dont la version complète originale est dans le tome 2. D'abord, comment projeter la mobilité à l'horizon de 20 ans, dans le cadre de l'Île-de-France ?

*Prospective de la mobilité en Île-de-France. Les apports et les limites d'une démarche économétrique*

(Papon, 2002B2, voir tome 2)

Nous projetons la mobilité en voiture particulière et transport collectif en Île-de-France à l'horizon 2020. Pour ce faire, nous utilisons des équations économétriques dont les paramètres ont été estimés à partir de l'évolution observée depuis 1980. L'innovation de la méthode est de prendre en compte l'évolution de facteurs structurels (répartition de la population par âge, couronne de résidence et motorisation), estimée par ailleurs, dans des variables dites de demande structurelle. A partir d'hypothèses sur l'évolution des facteurs explicatifs restants (revenu, prix et offres de transport), nous estimons les trafics dans un scénario *au fil de l'eau* et testons la sensibilité aux facteurs explicatifs. Nous dérivons aussi quelques autres indicateurs : encombrement des réseaux, fréquences de déplacement par mode, temps de déplacement et indicateurs agrégés de *qualité*. Nous mettons également en évidence quelques limites de cette approche.

Extrait de la conclusion :

« La démarche économétrique, en ajustant finement les résultats du modèle aux données d'observation, permet de projeter le futur dans une hypothèse d'évolution tendancielle des différentes variables du contexte. La prise en compte de variables structurelles provenant de modèles démographiques renforce la fiabilité de la prévision à long terme, mais aussi le caractère tendanciel de l'hypothèse sous-jacente. Pour l'Île-de-France, cette projection montre bien la lourdeur de la tendance à une motorisation accrue, à une localisation plus périphérique des ménages et des activités, à une mobilité plus forte en voiture particulière, en contrepartie d'une stabilité de la mobilité en transports collectifs, et d'une érosion de l'usage des modes de proximité. Ces derniers n'étant pas directement estimés par le modèle économétrique, les résultats y afférant résultent d'hypothèses supplémentaires et font l'objet de fourchettes plus larges. »

« Le modèle prévoit une croissance de 25% du volume de trafic en transport collectif et de 50% de celui en voiture particulière, dans le scénario au fil de l'eau, entre 1998 et 2020. Cette croissance est due pour partie aux variables structurelles (population, zone de résidence, motorisation), à concurrence de 8% pour les transports collectifs et de 40% pour la voiture particulière, et pour partie aux variables économiques (revenu, offres et prix de transport), à concurrence de 16% pour les transports collectifs et 7% pour la voiture particulière. »

« Mais d'autres résultats plus subtils peuvent être tirés de ce modèle économétrique. »

« La faiblesse de l'élasticité de la demande de circulation à l'offre routière suggère que l'essentiel de l'effet de l'offre routière sur la circulation est d'ordre structurel, c'est-à-dire que de nouvelles routes n'induisent pas de trafic nouveau toutes choses égales par ailleurs, mais conduisent à développer des localisations plus périphériques et des niveaux de motorisation plus élevés qui à leur tour génèrent du trafic. »

« L'existence de fortes élasticités croisées des trafics voiture particulière ou transports collectifs à la demande structurelle de l'autre mode montre que les variables structurelles déterminent la mobilité pour les deux modes à la fois. Ainsi, le choix d'un lieu d'habitat par un ménage pour cause d'accessibilité en RER pour aller au travail par exemple engendrera corrélativement une mobilité en voiture pour d'autres motifs. Symétriquement le choix d'un lieu d'habitat à cause d'une bonne accessibilité en voiture

pour le chef du ménage engendrera corrélativement des déplacements en transports collectifs pour les autres membres du ménage. »

« Ceci n'est qu'exprimer la corrélation entre l'urbanisation et la mobilité. Mais cette corrélation peut se lire dans les deux sens : une structure urbaine donnée engendre par sa nature une certaine forme de mobilité. Mais cette structure urbaine est justement possible à cause de l'accessibilité dont elle bénéficie, donc l'étalement urbain est la conséquence de la mobilité facilitée par la voiture comme le dit Marc Wiel (1999). Mais tant qu'un modèle ne permettra pas de prendre en compte simultanément l'urbanisation et la mobilité, nous devrons nous contenter d'analyses plus partielles en gardant en mémoire leurs limites. »

Les régressions économétriques montrent une forte corrélation de la distance parcourue en voiture au revenu, on peut alors se poser la question de casser ce lien entre la circulation et la croissance économique, cette fois au niveau national.

### *Peut-on envisager un découplage du trafic et de la croissance économique ?*

(Madre *et al*., 2002E1, voir tome 2)

La circulation routière est la cause d'atteintes majeures à la durabilité. Cependant, elle est encore fortement attachée au développement économique, en particulier à travers la croissance du revenu, de la motorisation, et de la périurbanisation. Nous essayons de traiter la question d'un déclin de ce lien, dans le contexte de changements sociaux qui pourraient conduire à une saturation de la motorisation et à une décélération de l'étalement urbain.

Notre stratégie est fondée sur la combinaison d'études économétriques (sur des séries temporelles au niveau national et sur un panel de régions), et d'une approche démographique (suivant le comportement de générations successives et permettant la projection des effets du vieillissement de la population dans les pays les plus développés). Nous analysons l'évolution du comportement de manière désagrégée, en notant les principaux facteurs dynamiques d'hétérogénéité entre les groupes de ménages ou d'automobilistes. Nous développons deux points :

- la décomposition de la dynamique de la circulation automobile en celle du parc et celle de la distance moyenne annuelle par véhicule : en endogénéisant les calculs de seuil de saturation, nous montrons sur le long terme une tendance croissante, bien qu'à un rythme progressivement réduit ;

- les principaux facteurs hétérogènes de comportement, en particulier les critères géographiques : bien que la motorisation soit plus élevée dans les zones à faible densité que dans les centres-villes, elle semble plus loin de la saturation et l'élasticité au revenu est plus élevée dans ces zones rurales et dans les banlieues extérieures. La diffusion sociale de la motorisation et de l'usage de la voiture s'accroît encore dans ces zones à faible densité, tandis qu'elle s'est pratiquement arrêtée dans les centres-villes.

Ainsi, les conséquences de ces mouvements contrastés au niveau régional ou national seront largement déterminées par le futur de l'étalement urbain. Si l'étalement urbain ralentit, les schémas de comportement des habitants des zones denses urbaines demeureront importants et le découplage de la croissance de la circulation automobile de la croissance économique sera renforcé.

Au-delà de ces résultats économétriques, il est légitime de se demander si l'on va observer une saturation de la circulation automobile, depuis longtemps invoquée, et qui semble être observée à la fin des années 2000 (nouveaux travaux qui débutent). En attendant, l'analyse des limites permet de tirer des conséquences sur les politiques à mener.

*Existe-t-il des seuils de saturation de la mobilité des personnes?*

(Papon & Madre, 2003J1, voir tome 2)

La circulation des personnes ne cesse de croître avec le développement économique : nous parcourons toujours plus de kilomètres dans le même laps de temps, et nous pratiquons nos activités quotidiennes dans des lieux toujours plus éloignés de notre domicile. Pour ce faire, nous utilisons des moyens de transport toujours plus rapides, mais hélas plus nuisant et peu compatibles avec un développement durable, et notamment la voiture particulière. Y a-t-il des limites à cette croissance de la mobilité ? Des limites propres au fonctionnement du système de transport, des limites économiques, des limites spatiales, des limites démographiques, sociales ou culturelles ?

Extrait de la conclusion :

« La croissance continue des circulations menace l'environnement naturel et humain (*Livre Blanc*, Commission Européenne, 2001), ainsi que l'équité entre catégories sociales et entre générations. Or, nous avons montré que certaines composantes de la mobilité sont bornées (budget-temps, fréquence des déplacements), alors que les distances parcourues augmentent, surtout pour les modes les plus rapides. Dans le domaine de la mobilité locale sur lequel est focalisé cet article, la prépondérance de l'automobile est telle (seulement limitée par une part incompressible de marche à pied dans les zones les plus denses) qu'on ne peut plus attendre de substitutions importantes aux dépens des modes plus lents; c'est dans le domaine des voyages à longue distance que les modes les plus rapides peuvent encore gagner des parts de marché. »

« Cette croissance continue des circulations automobiles, reposant principalement sur celle du parc de voitures particulières, est jusqu'à présent corrélée avec la croissance économique. Or, on peut penser que cette croissance, qui reposera de plus en plus sur les gains de productivité compte tenu de la contraction de la population active, ne retrouvera pas les niveaux atteints pendant les Trente Glorieuses (DATAR, 2003). Mais peut-on imaginer un développement économique qui ne repose pas sur une mobilité de plus en plus grande ? »

« En fait, la croissance des circulations est liée à trois déterminants: la vitesse, l'étalement urbain et le parc automobile. Ces déterminants sont-ils eux-même découplables d'une croissance malgré tout souhaitable ? Oui, mais c'est un choix de société. Pour mettre fin au règne de la vitesse, il faut que le progrès économique ne serve pas à produire des infrastructures et des véhicules toujours plus performants, mais promouvoir la lenteur, valoriser la qualité du temps de déplacement vécu plutôt que la quantité de kilomètres abattus. Pour contrer l'étalement urbain, il faut éviter de produire une succession de lotissements disjoints de centres commerciaux où l'on trouve les mêmes enseignes, mais refonder une ville diverse et de qualité, avec un tissu urbain cousu à la main qui fait que chaque coin de rue est unique. Pour limiter le parc automobile, il faut réduire l'emprise de l'automobile sur la société, et aspirer à d'autres services et d'autres idéaux. »

Pour mieux comprendre comment peuvent évoluer les rapports à l'automobile, il n'y a rien de tel que d'étudier les comportements actuels.

*Adultère dans le couple qui lie le propriétaire à sa voiture : quelques analyses de données de panel françaises sur la location de voiture et le partage de la voiture au sein des ménages*

(Papon & Hivert, 2008A2, voir tome 2)

L'objectif de notre communication est d'analyser ces deux activités : la location commerciale de voitures, et le partage de la conduite des voitures au sein des ménages. À cet effet, on exploite la base Parc Auto, construite à partir d'enquêtes postales annuelles auprès d'un panel de 10 000 ménages français. Parmi la centaine de questions de l'enquête, on croise deux questions-clés avec de nombreuses variables sociales, économiques, démographiques ou temporelles. QC1 : « Au cours des 12 derniers mois, vous-même ou une autre personne de votre foyer a-t-elle loué, en France, une voiture pour motif personnel ? » QC2 : « Cette voiture est-elle occasionnellement utilisée par d'autres personnes ? »

Voici les résultats principaux. Les ménages qui louent sont principalement des ménages actifs, à haut revenu, d'âge moyen, vivant au cœur des grandes villes, et en particulier à Paris. La plupart d'entre eux sont titulaires de plusieurs permis de conduire, engrangent deux feuilles de paie et disposent de voitures récentes, puissantes et haut de gamme. La location de voiture est principalement une pratique occasionnelle. Cependant, pour une minorité de loueurs, c'est une habitude entretenue.

Les ménages avec plus de titulaires du permis de conduire que de voitures partagent le plus : environ trois quarts de leurs voitures sont partagées. À l'inverse, les ménages qui ne comportent qu'un seul conducteur et qu'une seule voiture ont moins l'occasion de partager : seulement 15% le font. Le partage des voitures éclaire le rôle des sexes dans le ménage : tandis que 58% des utilisateurs principaux des voitures partagées sont des hommes, 55% des utilisateurs secondaires sont des femmes. Le partage des voitures est principalement une pratique régulière.

Finalement, sans diminuer les mérites des solutions de transport innovantes proposées ici et là, ce n'est pas perdre du temps que d'examiner les comportements (alternatifs de l'équipement et de l'usage exclusif des automobiles du foyer) établis au sein des ménages et par les ménages. Cela révèle que des schémas complexes ont été construits au cours du temps par les gens eux-mêmes, pour faire face à des situations diverses qui ne peuvent pas être facilement appréhendées par des classifications franches. La voiture ne peut pas être réduite à un objet personnel, même si elle semble le devenir de plus en plus. Le partage des voitures entretient aussi des liens forts avec la question de la dépendance automobile. Passer au crible la disponibilité de la voiture, et les univers de choix de modes, peut aussi être utile pour calibrer et améliorer des modèles désagrégés de partage.

L'évolution du comportement automobile des ménages viendra d'une part de celle des services que l'automobile peut procurer, et des mesures qui seront prises pour maîtriser la circulation automobile, mais elle viendra aussi de l'offre alternative qui sera développée. Parmi cette offre, le tramway est un moyen de transport qui s'implante rapidement dans les agglomérations françaises. Le tramway a des effets non seulement sur les comportements de mobilité, mais aussi sur l'aménagement urbain et le marché immobilier.

*Évaluation des plus-values immobilières apportées par une infrastructure de tramway, résultats quantitatifs d'une approche hédonique sur des données multiples dans le département des Hauts-de-Seine ?*

(Boucq & Papon, 2008A1, voir tome 2)

Ce papier estime les avantages immobiliers dus aux gains d'accessibilité apportés par une infrastructure de tramway (le T2, dans les Hauts-de-Seine). Suivant l'économie des transports, les améliorations d'accessibilité résultant d'un projet de transport influencent les choix de localisation des ménages, et finalement les rentes foncières à l'équilibre incluent la valorisation des gains d'accessibilité obtenus par ces ménages. À part l'accessibilité, le choix du logement dépend aussi d'autres caractéristiques : caractéristiques internes, et caractéristiques externes (d'environnement). Pour prendre en compte tous ces déterminants, nous avons estimé économétriquement une fonction de prix hédonique des propriétés résidentielles. Les données utilisées sont les ventes d'appartements dans le département des Hauts-de-Seine, le recensement de la population et d'autres, de 1993 à 2004, pour prendre en compte les effets d'anticipation et d'apprentissage. La fonction de prix hédonique obtenue nous permet de mesurer les prix implicites ou « hédoniques » des appartements avec un groupe donné de caractéristiques, et d'isoler l'effet pur de chaque caractéristique sur le prix d'un appartement. Le résultat montre que les améliorations d'accessibilité apportées par le tramway T2 sont capitalisées dans les prix des logements. Pour mesurer cette capitalisation immobilière, nous calculons les prix des logements avec et sans ces gains d'accessibilité. Pour l'ensemble du département, nous estimons une capitalisation d'environ 3%, obtenue après la mise en service de 1997 à 2004.

Les nouvelles infrastructures ferroviaires de transport induisent ainsi un effet externe positif sur le patrimoine bâti. Mais il est possible et souhaitable d'améliorer les effets réciproques et vertueux de l'urbanisation et du transport ferroviaire, en coordonnant mieux leurs développements respectifs.

### 5.1.3 La nécessaire coordination de l'urbanisation et du transport ferroviaire

(Papon & Soulas, 2004P9 d'après Consortium Bahn.Ville, 2004M1)

Les manières de construire la ville au travers de l'organisation des déplacements sont au cœur des débats sur l'aménagement du territoire dans tous les pays d'Europe. La réflexion sur la nécessaire complémentarité des modes de transports et sur l'obligation de proposer des alternatives à la voiture particulière, notamment en milieu périurbain, participe à l'évolution des politiques publiques. Dans ce contexte, le développement du rail urbain et périurbain, pourrait-il esquisser une nouvelle manière de façonner la ville ? Ou tout au moins pourrait-il avoir une influence plus ou moins forte selon le contexte ? Si l'intérêt d'accroître l'importance des transports ferroviaires légers (périurbains et régionaux) dans l'avenir ne fait plus de doute pour personne, la réflexion sur les stratégies à élaborer autour de ces transports a jusqu'à présent été assez peu développée en France. En participant au projet Bahn.Ville en collaboration avec d'autres partenaires français et allemands, l'Inrets a contribué à partager et à accroître les connaissances sur le rail et à analyser les possibilités d'une prise en compte plus importante de ce mode de transport dans les politiques de la ville.

*Le rail en France et en Allemagne : une étude comparative pour tirer les leçons des expériences réussies*

Quelles sont les influences réciproques entre les stratégies de développement urbain, l'offre régionale ferroviaire, l'aménagement des gares et des stations ? Quelles sont à ce

jour les expériences qui témoignent d'une synergie avérée entre ces différents leviers et quels sont, a contrario, les principaux facteurs de blocage ?

Si les questions posées demeurent aussi nombreuses et complexes tant en France qu'en Allemagne, les réponses, elles, varient grandement d'un pays à l'autre. En effet, les choix effectués ces dernières années pour gérer l'urbanisation ont été bien différents, sans sous-estimer les disparités locales au sein de chacun des deux pays qui rendent toute comparaison globale complexe. Ainsi de manière très schématique on pourrait considérer que, l'Allemagne a souvent opté pour une densification urbaine, centrée autour de points bien desservis par les transports en commun, comme les gares, aboutissant à une urbanisation en grappe, alors qu'en France l'urbanisation s'est plutôt généralisée autour des axes de déplacements ou bien de manière diffuse autour des agglomérations.

Apporter des éléments concrets et précis aux décideurs sur les expériences réussies et sur leurs conditions de mise en place, telle est l'ambition du projet Bahn.Ville.

### *Comment mettre en œuvre un développement urbain orienté vers le rail*

Initiée en décembre 2001, dans le cadre de la coopération franco-allemande Deufrako, la première phase de Bahn.Ville [s'est s'achevé avec un séminaire à l'Arche de la Défense le 1er juin 2005]. En s'appuyant sur les expériences passées ou en cours menées en Allemagne et en France, le projet s'est proposé de mettre en évidence les conditions nécessaires au succès du développement du ferroviaire léger dans la périphérie des agglomérations et à son intégration dans l'aménagement urbain et régional.

Après une analyse comparative des contextes français et allemands des politiques de planification territoriale, la réflexion a porté sur les démarches et les conséquences des politiques d'urbanisme et de déplacements ; elle s'est nourrie des études de cas, des échanges d'expériences, des enquêtes, des sondages réalisés dans les deux pays. Ont ensuite été mises en évidence les interactions et les relations de cause à effet afin d'apprécier les évolutions qualitatives et quantitatives générées par les mesures prises par les collectivités locales. L'offre ferroviaire, la création ou la mise en valeur des gares, l'interface entre le train et la marche, la bicyclette, les transports publics locaux, et la voiture, ont été approfondis.

L'Inrets s'est focalisé plus particulièrement sur certains aspects comme par exemple la mobilité ou bien l'analyse de la diversité des matériels ferroviaires conçus pour des dessertes périurbaines, comme le tramway d'interconnexion, mais aussi les autres formes de matériels ferroviaires légers (dans un contexte où il existe en France un certain nombre de projets de ce type qui devraient se concrétiser dans les années à venir).

De manière plus large la collaboration avec des chercheurs d'autres organismes a permis de détailler les processus décisionnels, la mise en œuvre et les instruments de planification.

### *« Faire de la ville » autour des gares ; un concept qui fait ses preuves là où un ensemble de conditions est réuni*

Bahn.Ville a permis de dresser un état des lieux de la littérature scientifique et technique portant sur le développement urbain « orienté vers le rail ». Un recueil de « bonnes pratiques » a été constitué, en s'appuyant sur une quinzaine de lignes choisies en France comme en Allemagne : il rend compte pour l'essentiel d'expérimentations dans des régions urbaines où des efforts notables ont été récemment entrepris pour redynamiser les lignes ferroviaires, voire parfois « faire de la ville » autour des gares (exemples surtout en Allemagne). Citons quelques-unes de ces expérimentations

françaises : Étoile ferroviaire de Strasbourg, Nantes – Saint-Nazaire (Métrocéane), Ouest lyonnais, Toulouse – Colomiers (ligne C), Grenoble – Rives (Lazer), Lille – Valenciennes…

Pour aller plus loin, des études de cas ont été lancées sur quatre sites : deux en France et deux en Allemagne. En France, il s'agit de Strasbourg (ligne Strasbourg – Molsheim) et Nantes (ligne Nantes – Saint-Nazaire) ; en Allemagne, les régions concernées sont Friedrichshafen – Ravensburg (ligne « BOB ») et la région de Bonn (ligne « Voreifelbahn »).

*Rail et ville : fournir des solutions pertinentes et concrètes*

Le séminaire de clôture du projet Bahn.Ville s'est tenu le 1er juin 2005 et a présenté les principaux résultats à un large public : collectivités et acteurs des transports et de l'urbanisme français et allemands. Le débat a permis de partager les expériences et de préparer la deuxième phase du projet Bahn.Ville. Cette phase a consisté à assurer un suivi technique de trois expériences de mise en place de desserte périurbaine ferroviaire (une ligne en France, une en Allemagne et une transfrontalière) et à conseiller les collectivités et exploitants au vu de l'expérience de Bahn.Ville I.

Enfin, un document de synthèse (Consortium Bahn.Ville, 2004M1) a présenté les principaux enseignements du projet Bahn.Ville et est destiné aux élus communaux, aux aménageurs, aux maîtres d'ouvrages et aux opérateurs de transport.

Ainsi, la planification urbaine et la planification des transports devraient être menées de manière conjointe, pour que les nouvelles mobilités liées aux urbanisations nouvelles bénéficient d'une accessibilité en transport collectif. C'est aussi en principe le cas en Île-de-France, où le Schéma Directeur Régional, et les nouveaux projets intègrent le développement urbain.

### 5.1.4 Les plans de transport de l'Île-de-France

(Traduit de l'anglais d'après Papon, 2011C3)

*L'Île-de-France*

La zone urbaine de Paris couvre à peu près la même surface que la région administrative de l'Île-de-France (elle déborde même dans les régions voisines). La région Île-de-France s'étend sur une surface de plus de 12 000 km2, compte une population de 11,7 millions d'habitants (18% de la population nationale), et son PIB représente 28% du PIB national, et est le cinquième PIB parmi les métropoles du monde (2008).

La plupart de la population réside dans l'agglomération centrale. Une telle concentration élevée de personnes et d'activités soulève un grand nombre de problèmes liés aux transports. D'abord, l'exploitation au jour le jour des transports est un défi quotidien. Ensuite, la planification de long terme pour améliorer les conditions de transport futures est hautement nécessaire. Parmi les systèmes de transport, le transport collectif joue un rôle clé pour écouler le volume de déplacements.

Nous examinerons l'organisation régionale des transports, l'offre de transport collectif et son inadéquation au volume de la demande, et les projets pour améliorer le système.

*Les couches administratives de l'organisation des transports de la région Île-de-France*

L'organisation des transports dans la région implique tous les niveaux territoriaux de décision :

- L'État, toujours intéressé par la région capitale

- La région Île-de-France
- 8 départements
- 112 intercommunalités
- 1300 communes.

Parmi les départements, la ville de Paris est au centre. L'agglomération de Paris comprend toute la ville de Paris, les trois départements de petite couronne, et une partie des départements de grande couronne.

L'État définit les réglementations, construit et exploite les autoroutes et routes nationales, contrôle les deux exploitants majeurs de transport collectif (RATP et SNCF). La région préside l'autorité organisatrice des transports (Stif), et élabore le schéma directeur régional (Sdrif). Les départements entretiennent la plupart des routes, contribuent aux projets, et subventionnent les abonnements de transport collectif. Certaines intercommunalités gèrent les routes locales ; d'autres n'ont pas de compétence en transport (il y a des changements rapides). Les communes gèrent la voirie locale. Les habitants paient les titres de transport et les dépenses des véhicules privés, supportent les conditions de transport, et votent pour les élus locaux. Les entreprises sont assujetties à une redevance spéciale (versement de transport) et remboursent la moitié de l'abonnement de transport collectif de leurs salariés. Ainsi, les acteurs les plus importants sont l'État et la région, et ils doivent se mettre d'accord sur les sujets importants. Plus elles se trouvent bas sur l'échelle, moins les entités ont de pouvoir, et plus elles sont réduites à contribuer financièrement.

Le syndicat des transports de l'Île-de-France (Stif, 2011) crée les titres de transport et les tarifs, définit l'offre de transport collectif, la contractualise aux exploitants et les finance (50% de contributions publiques), mets en œuvre les contrats État–région pour l'investissement, assure la maîtrise d'ouvrage des projets, organise le transport scolaire et les services spéciaux (handicapés) et perçoit le versement de transport et le produit des amendes de circulation.

Le coût d'exploitation total du transport collectif de 7,86 milliards EUR (2009) est partagé entre trois exploitants principaux : RATP 53% (métro et bus de Paris, tramways, 2 lignes de RER, bus de banlieue proche et moyenne), SNCF 35% (reste des RER et trains *transiliens*), Optile 11% (bus de grande couronne), autre 1%.

Les recettes proviennent de trois sources principales :

- Recettes commerciales 3,03 milliards EUR (2009) dont 0,68 milliards EUR sont remboursées aux salariés par les employeurs, et certaines aides sont versées directement aux ménages ;
- Versement de transport 2,98 milliards EUR (payé par les employeurs);
- Subventions publiques 1,62 milliard EUR (principalement collectivités territoriales);
- Autres recettes (amendes, etc.) 0,38 milliard EUR.

Par ailleurs, les investissements 1,64 milliard EUR (2008) sont financés par les exploitants 60%, la région 14.5%, les autres collectivités territoriales 12.5%, l'État 4%, et le Stif 9%.

Le schéma directeur régional (Sdrif) est le document de planification le plus important. Depuis une loi de 1995, il est sous l'autorité de la région. Le dernier (Sdrif, 2008) fut révisé en 2004-2008 et approuvé par la région, mais ne l'est pas encore par l'État. Sa mise en œuvre dépend des contrats État–région. Un de ses projets clés est une nouvelle ligne de métro en rocade en proche banlieue.

*L'inadéquation de l'offre et de la demande*

Dans la région Île-de-France, 89,5% des résidents se déplacent un jour de semaine donné, et ceux qui se déplacent réalisent en moyenne 3,3 déplacements, pour une durée totale de 80 minutes, et une distance totale de 25 km par jour (2008).

La répartition modale des déplacements quotidiens des résidents franciliens en 2008 est la suivante : 43% en voiture, 32% à pied, 20% en transport collectif. Mais la part du transport collectif est plus élevée dans Paris (55% à pied, 31% en transport collectif, 7% en voiture), entre Paris et la banlieue (62% en transport collectif), et pour les personnes âgées de 15 à 24 ans (34% en transport collectif).

Le déplacement moyen en transport collectif dure 45 min, et a une portée de 12 km ; mais pour les habitants de grande couronne, ces chiffres s'élèvent à respectivement 56 min et 21 km.

Ces données sont issues de l'exploitation de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008, mais des données sont disponibles venant des enquêtes régionales (EGT).

La plus grande partie du volume de circulation du transport collectif (2,7 milliards de déplacements par an en 2008) emprunte le réseau ferré (1 700 km de lignes). Le trafic s'est récemment accru de 20% (2001-2009), mais la croissance de l'offre n'a pas suivi celle de la demande. Comme résultat, la qualité de service s'est dégradée, avec par exemple des taux d'irrégularités observés (pourcentage de trains avec plus de cinq minutes de retard) sur les lignes de RER dans la fourchette 12,3-37,1%, bien au-delà des objectifs.

C'est pourquoi la Cour des Comptes (2010) a recommandé de redéfinir les incitations à la qualité pour les exploitants, de renforcer l'autorité du Stif, et de reprendre les investissements. Mais il faut de 9 à 13 ans pour construire une nouvelle ligne ferroviaire.

*Les projets développés par les différentes collectivités*

Normalement, tous les projets de transport devraient être inclus dans le schéma directeur régional (Sdrif). Mais le dernier (2008) n'est pas encore approuvé par l'État. Toutes les collectivités locales et l'État ont développé des projets pour satisfaire leurs propres objectifs.

La ville de Paris n'a autorité que sur le transport sur la voirie dans les limites de la commune. Elle met en avant des actions de transport qui améliorent la qualité de vie de ses résidents (qui est déjà la meilleure possible dans la région), tels que le système de vélo en libre service bien connu Vélib', des voies de bus, des bus à haut niveau de service (Mobilien), des bus de quartier, des restrictions à la voiture, des quartiers verts. Son projet phare est maintenant la ligne de tramway de ceinture T3. Mais ce projet requiert la participation d'autres acteurs : par exemple, la première phase qui a coûté 311 millions EUR a été cofinancé par la ville de Paris (30%), la RATP (28%), la région (26%), et l'État (16%).

Le département de petite couronne qu'est le Val-de-Marne (2009) a développé l'original *Plan de déplacements du Val-de-Marne 2009-2020*. Ce plan soutient de nouvelles infrastructures ferroviaires, en particulier la ligne de métro de rocade Orbival. Il donne aussi la priorité à l'usage du transport collectif de surface, améliore les conditions pour les piétons et les cyclistes, et rend le transport de marchandises plus durable (c'est une activité importante dans ce département), et crée des outils de mobilité. Les questions principales sont que ce plan n'ébauche aucun plan de financement, et nécessite l'intervention des niveaux territoriaux de décision supérieurs pour être mis en œuvre.

À la suite de l'approbation du schéma directeur régional (Sdrif), la région Île-de-France (2009) a rédigé un *Plan de mobilisation* avec financement mixte. Ce plan a trois objectifs :

- Satisfaire les besoins urgents (7,3 milliards EUR) : extension de la ligne 14 pour faire face à la saturation de la ligne 13, plan RER pour améliorer la régularité.

- Accélérer les projets nécessaires (6,4 milliards EUR) : rocade ferroviaire en Seine-Saint-Denis, bus à haut niveau de service, nouveaux tramways…

- Préparer le futur (5,25 milliards EUR) : principalement la ligne de métro en rocade en proche banlieue du Sdrif (Arc Express, Stif, 2010), et dont Orbival est une partie dans le département du Val-de-Marne. Les prévisions de circulation ont calculé que la plus forte demande se trouvait dans la partie sud de la ligne.

L'État s'est engagé dans un autre programme, appelé *Grand Paris*, avec des objectifs de plus haut niveau comme la compétitivité nationale et la création de pôles de recherche de niveau mondial. Il a débuté avec l'initiative du président de la République Nicolas Sarkozy en 2007, qui a lancé un concours d'architecte pour esquisser le futur Grand Paris. Puis, avec le projet du secrétaire d'État Christian Blanc, une loi fut votée en 2010 pour créer la "Société du Grand Paris" (2010), destinée à développer un projet de transport majeur, avec trois nouvelles lignes de métro pour un coût de 23,5 milliards EUR à l'horizon 2023, financé par des fonds d'État et des emprunts. Pour rembourser ces emprunts, on attendait des plus-values foncières, des rentabilités fiscales, et des dynamiques économiques. Mais un rapport (Carrez, 2009) a calculé que la plus-value foncière récupérable maximale représentait moins de 1 milliard EUR (voir aussi Wiel, 2011)[34]. Un débat public eut lieu fin 2010–début 2011, et l'état actuel du projet doit livrer les premiers tronçons à l'exploitation en 2017, là où les prévisions de demande sont les plus élevées sur les parties sud et nord de la rocade de petite couronne.

### *La nécessaire coopération*

Les lois de décentralisation ont donné du pouvoir aux différents niveaux territoriaux de décision pour l'exploitation et la planification des transports. L'État et la région Île-de-France sont les deux acteurs majeurs. Mais les conflits d'intérêt conduisent à différents projets de la part des différents niveaux territoriaux. De toutes façons, les coûts élevés de ces projets exigent la participation de tous au financement, et le manque de ressources exclut les projets redondants et appelle à une fusion des projets. Ainsi les discussions entre les parties peuvent mieux répondre à des besoins variés.[35]

## 5.2 Des statistiques de référence sur le vélo en France

La section précédente nous a montré les difficultés à maîtriser les circulations automobiles, et à développer des transports collectifs adaptés, en cohérence avec l'ensemble des politiques urbaines. Nous allons maintenant nous intéresser au vélo, en commençant par faire le point sur son usage en France, à partir des différentes données

[34] Nous avons aussi montré lors de l'étude des plus-values immobilières apportées par la mise en service des lignes de tramway T2 et T3 en Île-de-France (Boucq & Papon, 2008A1, voir tome 2 ; Nguyen-Luong *et al.*, 2010C2), qu'il était difficile pour la puissance publique de récupérer cette plus-value, car les bases d'imposition sont difficilement révisables, les taux d'imposition sont établis au niveau communal, ce qui n'est pas assez fin pour prendre en compte finement les gains d'accessibilité, et dans le cas du T3, parce qu'il n'y a pas de plus-value observable.

[35] Il y a ainsi une forte nécessité de politique publiques volontaristes, mais aussi des difficultés pour avancer dans ce sens : les incohérences institutionnelles, et le manque de consensus sur les politiques d'urbanisme conduisent à des décisions conflictuelles et incompatibles.

d'enquêtes. Ce sont en effet principalement les enquêtes auprès des ménages qui nous permettent de connaître les déplacements. Au niveau national, j'ai directement exploité l'Enquête nationale sur les transports et communications de 1993-1994 et l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008. J'ai aussi exploité toutes les enquêtes menées au niveau local.

Le §5.2.1 rassemble les résumés des trois articles de synthèse sur le vélo dans les enquêtes, sélectionnées dans le tome 2. Le premier article porte sur l'Enquête nationale sur les transports et communications de 1993-1994, et traite le vélo avec d'autres modes « oubliés » : marche, cyclomoteur et motocyclette. Le deuxième article analyse toutes les enquêtes locales sur la mobilité dans les villes françaises, du point de vue de la marche et du vélo. Le troisième article dépouille aussi les données sur la marche et le vélo dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008.

Le §5.2.2, à partir d'une fiche de synthèse, donne plus de détails sur les analyses sur la marche et le vélo faites à partir des enquêtes menées dans les années 1990, tant au niveau national que local, analyses issues de plusieurs recherches, et fait le constat de l'étiage de ces modes qui a alors été atteint.

Le §5.2.3, à partir d'un exposé synthétique, donne plus de détails sur la mobilité à vélo d'après l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008 ; ce sont les derniers chiffres disponibles sur le vélo en France.

Le §5.2.4, à partir d'une communication à un colloque mise à jour, reconstitue au mieux l'évolution historique de la mobilité à vélo en France, d'après les enquêtes sur les transports auprès des ménages, et apporte des résultats inédits tirés des recueils biographiques, et d'une modélisation de la répartition modale dans le passé à partir de ces derniers.

## 5.2.1 Le vélo, d'une enquête à l'autre

Le constat cruel du déclin du vélo en France a pu être établi dans les années 1990.

### *Les modes oubliés : marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette*

(Papon, 1997B, voir tome 2)

La marche, la bicyclette, le cyclomoteur et la motocyclette sont quatre modes rarement étudiés, et leurs parts de marché ont baissé entre les deux enquêtes transport 1981-1982 et 1993-1994. La croissance concomitante du parc des automobiles et du parc des deux-roues montre que ces derniers sont devenus des moyens de déplacement de second choix. L'accroissement de la part des déplacements les plus longs réduit les possibilités d'usage de la marche. La marche demeure pertinente en complément des transports collectifs dans les centres–villes, tandis que la bicyclette et le cyclomoteur sont plus utilisés dans des zones périphériques. Chaque mode a ses motifs préférés d'utilisation. Mais les achats à pied tendent à se réduire à la fraction âgée de la population, tandis que les trajets vers les lieux d'étude se font de moins en moins à pied ou en deux-roues, et de plus en plus comme passager d'automobile ou de transport collectif. Les piétons sont plutôt des mineurs et des séniors, les cyclistes et cyclomotoristes des jeunes sans permis. Il y a de moins en moins d'ouvriers adeptes des deux-roues et les nouveaux retraités sont habitués à l'automobile. Pourtant, étant donné leurs atouts et performances respectifs, la marche, la bicyclette, le cyclomoteur, et la motocyclette, méritent d'être pris en compte dans une politique d'ensemble des déplacements.

Ce constat du déclin du vélo a aussi été observé dans les villes françaises, malgré quelques signes de changement de tendance dans les années 1990.

*La ville à pied et à vélo*

(Papon, 2003E1, voir tome 2)

La marche et la bicyclette ont perdu, depuis plusieurs décennies, des parts de marché dans les déplacements effectués dans les villes françaises. Mais les résultats d'enquêtes disponibles au cours des dernières années montrent une amorce de changement de tendance. Le but de cet article est de faire le point sur la mobilité à pied et à bicyclette dans les villes françaises, en s'appuyant sur les données des enquêtes sur les transports auprès des ménages, à la fois nationales et locales.

Ce changement de tendance est confirmé à la fin des années 2000 au niveau national, où la stabilisation globale cache deux évolutions majeures des usages.

*Les modes actifs : marche et vélo de retour en ville*

(Papon & de Solère, 2010B2, voir tome 2)

Après une très forte baisse de 1982 à 1994, la part de la marche à pied et celle du vélo dans les déplacements quotidiens des individus se stabilisent, marquant ainsi une inflexion de la tendance. La marche à pied représente 22,3 % des déplacements en semaine en 2008, en légère baisse par rapport à 1994. La part du vélo est stable à 2,7 %. Pourtant, le parc de vélos détenus par les ménages résidant en France métropolitaine poursuit sa progression : de 21,3 millions en 1994, le nombre de vélos d'adultes est passé à 26,7 millions en 2008. L'usage du vélo, plus masculin, se modifie : son utilisation augmente dans les villes centres des grandes agglomérations et diminue dans les zones rurales et périurbaines. Il est par ailleurs délaissé par les ouvriers et davantage prisé par les cadres. La marche, plus féminine, est typiquement urbaine. Elle est même devenue majoritaire dans les modes de déplacements parisiens.

### 5.2.2 L'usage de la marche et du vélo dans les années 1990

(D'après Papon, 2004P7, qui résume Papon, 1997B, voir tome 2, 1999M1, 1999M2, 1999M3, 1999M4, 1999M5, 2003E1, voir tome 2)

La marche et la bicyclette ont perdu des parts modales entre 1981-1982 et 1993-1994. La marche est urbaine et préférée des inactifs. C'est l'évolution des structures spatiales des déplacements qui explique en grande partie son déclin. La bicyclette est péri-urbaine et pratiquée pour son caractère sportif. Son déclin pour les déplacements utilitaires est lié à la préférence pour l'automobile. Il ne faut pas négliger l'étude de ces modes sous prétexte de leur marginalité. Par leur originalité, ils assurent un service essentiel à leurs adeptes. Leur développement, et leur prise en compte dans les politiques de déplacement, en sortant de la dualité voiture particulière/transports collectifs, pourrait permettre de soulager certains problèmes posés par les transports : congestion, pollution, environnement urbain, sédentarité, financement public, désenclavement des quartiers en difficulté.

*Données et cadrage*

Cette recherche (Papon, 1999M5) fait le point sur la mobilité à pied et à bicyclette selon les différentes enquêtes sur les transports auprès des ménages en France. A partir de l'Enquête nationale sur les transports et communications Inrets-Insee de 1993-1994, le volume 1 (Papon, 1999M1) établit et étudie une typologie des cyclistes en trois classes : usuelle, sportive et optative. Le volume 2 (Papon, 1999M2) classe la population selon sa mobilité (nulle, seulement à pied, en transports individuels, en transports collectifs, multimodale) et cerne la pratique de la marche par ces classes. Le volume 3 (Papon & Julien, 1999M3) analyse les résultats de 69 enquêtes ménages dans les villes de province de 1966 à 1998, et plus en détail les trois enquêtes générales de transport

menées en Île-de-France. Le volume 4 (Papon, 1999M4) retrace l'évolution de la marche et de la bicyclette dans les enquêtes nationales sur les transports depuis 1967.

La marche et la bicyclette ont perdu des parts de marché dans les déplacements en France depuis plusieurs décennies. L'Enquête nationale sur les transports et communications Inrets-INSEE de 1993-1994 permet de faire le point sur leur usage (voir §5.2.1).

Le parc des vélos s'est accru tout autant que celui des automobiles, mais est moins bien réparti parmi les ménages et ne sert pas, pour les trois quarts, pour des déplacements utilitaires. (…) La marche sert plus à aller faire des achats dans le petit commerce, à aller à l'école et à se promener. (…) Le vélo est un moyen de faire du sport, ou de rendre visite à ses copains. (…)

*Une évolution continue sur l'ensemble des villes françaises*

Nous avons exploité et analysé les 69 enquêtes de transport auprès des ménages réalisées dans les villes de province de 1966 à 1998 et plus en détail les trois enquêtes générales de transport en Île-de-France de 1976, 1983 et 1991 en distinguant trois zones de résidence : Paris, Petite Couronne et Grande Couronne (voir §5.2.4). Ces enquêtes ont été réalisées suivant des méthodologies similaires. Les analyses effectuées permettent de mettre en évidence quelques points.

La part de la marche est plutôt stable dans les liaisons centre-centre. Mais globalement sa part diminue, du fait de l'augmentation des trajets en périphérie, qui en raison de leur longueur sont plutôt effectués en voiture. L'accès croissant à la motorisation des séniors, des femmes et des enfants (passager) a contribué à réduire la part de la marche, dont ils restent néanmoins les utilisateurs principaux. Le plus gros déficit de marche est relevé chez les hommes actifs, quelle que soit la zone de résidence.

La diminution de la part de la bicyclette a commencé avant 1976. Ce mode a été concurrencé non seulement par la voiture (surtout en périphérie) mais aussi par l'amélioration de l'offre en transports en commun. La mobilité autonome des enfants et adolescents se fait maintenant plus au travers de l'utilisation des transports en commun que par la marche ou la bicyclette. La diminution spectaculaire de l'utilisation du cyclomoteur a néanmoins entraîné une croissance de la part de la marche chez les garçons de 15 à 17 ans. Les 11-14 ans demeurent les utilisateurs principaux de la bicyclette, en dépit d'une forte baisse pour cette classe d'âge.

*Tableau de l'évolution nationale de l'usage de la marche et de la bicyclette en France*

Les enquêtes nationales sur les transports de 1981-1982 et de 1973-74 et les données sur les trajets domicile-travail de 1967 et 1959 permettent d'esquisser ce tableau.

La marche est passée de 32% des trajets domicile-travail en 1959 à 14% en 1994, avec peut-être un rythme de baisse un peu plus rapide au début des années 1960. Le nombre de déplacements à pied, tous motifs, est passé de 1,63 par personne et par jour en 1973-74 à 0,73 en 1993-94. On peut voir que les déplacements à pied hors domicile-travail ont été plus touchés dans la période 1973-1981, sans doute pour les scolaires qui ont profité des pratiques de voiturage et des transports scolaires, et pour les personnes âgées et les femmes de plus en plus habituées à conduire. La distance parcourue dans les déplacements entièrement à pied a chuté de — estimons-nous — 415 kilomètres par personne et par an en 1973-74 à 226 kilomètres en 1993-94 (de 530 kilomètres à 360 kilomètres si l'on ajoute la marche pratiquée dans les déplacements mécanisés).

(…) [Les résultats concernant le vélo sont repris au § 5.2.4]

Ainsi, l'analyse de la mobilité non motorisée en France depuis une quarantaine d'années fait apparaître un recul de l'usage utilitaire de la marche et de la bicyclette. Mais la pratique de la marche est liée à une mobilité de proximité de plus en plus rare, tandis

que la pratique de la bicyclette s'est détournée des usages utilitaires vers des usages de loisirs.

Les données sont rares pour mettre cette évolution de la fin du vingtième siècle dans une perspective historique et asseoir une prospective. La bicyclette était un moyen de transport important dans la première moitié de ce siècle, et a culminé vers 1943. Son efficacité énergétique et environnementale lui assure son avenir face aux enjeux du développement durable. La marche est le moyen de transport de toujours, mais rarement considéré. Elle a assuré plus de kilomètres que tout autre moyen de transport jusqu'à la diffusion de l'automobile dans les années 1950. Les données des années 1990 tendent à montrer que la baisse de la marche en France a atteint un plancher, correspondant peut-être à un besoin d'avenir d'indépendance, de mouvement corporel et d'urbanité.

### 5.2.3 Quelques chiffres sur le vélo dans les années 2000

(D'après Papon, 2010K5, synthétisant Papon & de Solère, 2010B2, voir tome 2)

La dernière Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008 montre que le vélo est stabilisé globalement en France. On compte 32 millions de déplacements à vélo par semaine, soit, en termes de déplacements par jour et par personne : 0,08 en semaine, 0,08 le samedi, et 0,07 le dimanche.

L'usage du vélo reste rare : 60% des individus ne se déplacent jamais à vélo, 27% occasionnellement, et 12% régulièrement. Mais 82% de ceux qui se déplacent à vélo aiment cela. En outre, 77% de ceux qui se déplacent à vélo ne portent jamais de casque (mais 43% des 6-10 ans le portent toujours). La rareté de l'usage n'est pas liée à un problème physique ou à une expérience d'accident : 4,9% des individus sont gênés pour rouler à 2 roues, et 0,35% des individus déclarent avoir eu un accident en tant que cycliste dans les 5 années précédentes.

En France, il y a 100 vélos pour 100 ménages, mais 30% des ménages possèdent 78% des vélos. Sur 26,5 millions de vélos d'adultes, seulement 3,8 millions sont utilisés pour des déplacements utilitaires (tableau 12). Le vol peut être un frein à la pratique : 2% des ménages ont eu un vélo volé depuis 12 mois, et 24% de ces derniers ont eu un membre ayant renoncé au vélo suite au vol.

**Tableau 12. Usage du parc de vélos à la disposition des ménages**

| Parc de vélos | Vélos d'adultes en millions | Dont utilisés pour des déplacements utilitaires en millions | en % | Vélos d'enfants[36] en millions | Ensemble en millions |
|---|---|---|---|---|---|
| Détenus par les ménages en | | | | | |
| 1982 | 13,1 | nd | nd | nd | nd |
| 1994 | 21,3 | 3,6 | 17,1 | nd | nd |
| 2008 | **26,7** | **3,8** | **14,1** | **9,0** | **35,7** |
| Dont utilisés | | | | | |
| depuis douze mois | **17,4** | **3,8** | **21,6** | **7,3** | **24,7** |
| depuis quatre semaines | 9,1 | 2,9 | 31,7 | n.d. | n.d. |
| au moins une fois par semaine | 6,7 | 2,7 | 39,5 | n.d. | n.d. |
| tous les jours ou presque | 1,7 | 1,2 | 69,9 | n.d. | n.d. |

Source : SOeS – Insee-Inrets, enquêtes nationales transports 1982,1994, 2008

Un modèle linéaire expliquant le nombre de vélos (adultes et enfants) du ménage en fonction de ses diverses caractéristiques montre que l'équipement du ménage en vélos augmente de 0,54 vélo pour chaque enfant supplémentaire, de 0,35 pour chaque adulte, de 0,26 pour chaque voiture, de 0,20 pour chaque deux-roues motorisé.

[36] Enfants de moins de 14 ans, ou roues de moins de 26 pouces ou de moins de 650 mm.

Toutes choses égales par ailleurs, il est supérieur de 0,43 en Alsace, de 0,22 en Pays de la Loire, mais est inférieur de 0,39 dans les régions méditerranéennes, de 0,29 en Île-de-France et de 0,23 dans le Nord-Pas-de-Calais, par rapport aux autres régions.

Il diminue aussi de 0,58 pour les ménages dont la personne de référence a de 18 à 29 ans, et de 0,61 pour les ménages dont la personne de référence a 70 ans ou plus par rapport aux ménages dont la personne de référence a de 40 à 49 ans (les plus équipés).

Il diminue encore de 0,19 pour les ménages dont la personne de référence est agriculteur, artisan ou commerçant, et de 0,18 si la personne de référence est employé ou ouvrier, par rapport aux autres catégories sociales.

Il augmente de 0,42 pour les ménages dont la personne de référence est titulaire d'un diplôme supérieur, de 0,28 avec le bac, de 0,19 avec un diplôme inférieur, par rapport aux sans diplômes. L'équipement diminue aussi de 0,55 en habitat collectif par rapport à l'habitat individuel ; mais il augmente de 0,10 en présence d'un local collectif à vélos ; il augmente aussi de 0,18 s'il y a des pistes cyclables à proximité du domicile.

Le ménage-type bien équipé en vélos serait ainsi constitué de quadragénaires diplômés du supérieur ayant des enfants, disposant par ailleurs de voitures, résidant en Alsace, et en habitat individuel.

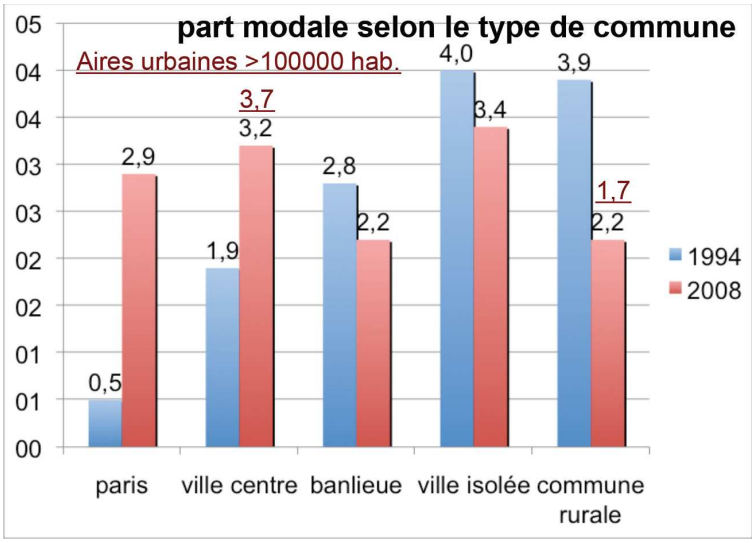



Wissembourg, Bas-Rhin, 24/09/11. Photo Francis Papon

La part modale du vélo dans les déplacements de semaine est plus forte pour faire du sport, se promener (8%), rendre visite, aller à l'école (3,4%), et plus faible pour faire des achats, loisirs (2,2%), aller au travail (2,0%), accompagner quelqu'un (0,8%). Tous motifs, cette part modale est de 2,7% en semaine, 3,0% le samedi, et 3,6% le dimanche. Cette part est plus faible s'il gèle, et en novembre–décembre.

L'évolution du vélo en France montre deux phénomènes majeurs.

**Figure 9. Évolution de la part modale du vélo selon le type de commune de 1994 à 2008**




Source : SOeS – Insee-Inrets, enquêtes nationales transports,1994, 2008
En souligné les chiffres concernant les seules aires urbaines de plus de 100 000 habitants.

Premièrement, malgré une apprente stabilité d'ensemble, le vélo continue de décliner dans les zones rurales et périphériques, mais progresse dans les villes centres, particulièrement à Paris et dans les grandes aires urbaines (figure 9).

Deuxièmement, bien que les retraités, étudiants et autres inactifs restent les usagers privilégiés des modes actifs, le vélo se *boboïse* : par rapport à 1994, le vélo baisse pour les ouvriers et monte pour les cadres, les deux courbes se croisent, de sorte que les actifs qui vont le plus souvent à vélo sont les ouvriers agricoles, les personnels des services aux particuliers et… les cadres du secteur public. Les titulaires du permis de conduire pratiquent plus le vélo. Enfin, ce qui ne change pas, 62% des cyclistes sont des hommes.

La durée moyenne d'un déplacement à vélo augmente : 16,2 minutes en 2008, contre 13,9 minutes en 1994. Le temps estimé de déplacement est plus fiable pour le vélo que pour la voiture ou les transports collectifs. La durée moyenne de vélo par personne et par jour de semaine en 2008 reste faible : 1,4 min pour l'ensemble de la population, 8,8 min pour les cyclistes réguliers, 1,0 min pour les cyclistes occasionnels, 0,06 min pour les non cyclistes (qui ont quand même décrit quelques déplacements à vélo). La question sur la distance de déplacement n'ayant pas été posée dans l'ENTD 2007-2008, il n'est pas possible d'en tirer l'évolution des distances parcourues, mais on peut supposer qu'elle est similaire à celle des durées.

Ainsi, la dernière enquête nationale sur les transports permet de comparer avec la précédente, et ajoute des résultats nouveaux.

### 5.2.4 L'évolution de la mobilité à vélo en France

(D'après Papon, 2011K3, mis à jour et complété)

*Introduction : les sources de données*

En France, depuis son invention en 1861, l'usage du vélocipède a connu une croissance jusqu'à la deuxième guerre mondiale, puis un déclin lié à la motorisation. Les sources historiques permettent de connaître les ventes (Chambre syndicale puis CNPC depuis 1890), le parc (impôt sur les vélocipèdes de 1893 à 1959, les enquêtes nationales sur les transports de 1967, 1976, 1981-82, 1993-94 et 2007-08), la circulation (sur les routes

nationales de 1903 à 1960, à Paris depuis 1997), les accidents (ONISR depuis 1982), les déplacements et la part modale (enquêtes nationales et enquêtes locales dans les agglomérations depuis 1976).

Les tableaux suivants donnent quelques exemples des données qu'il est possible de recueillir auprès de ces sources. Le tableau 13 montre que les ventes de bicyclettes en France fluctuent depuis les années 1990 entre deux et trois millions d'unités, avec un recours prépondérant aux importations. Il n'en a pas toujours été ainsi. Au début du vingtième siècle, la France produisait 300 000 vélos en 1912, 1,1 million en 1939, et en 1927, elle importait 1 078 vélos pour 105 961 exportés (CNPC). La chute de la production et des ventes va se produire dans les années 1950 au profit du cyclomoteur, avec une reprise à partir des années 1970.

**Tableau 13. Marché français du cycle 1992-2006 (nombre d'unités)**

| Année | Ventes | Livraisons françaises | Importations marché français | Exportations |
|---|---|---|---|---|
| 1992 | 2 878 528 | 728 035 | 2 150 493 | 307 279 |
| 1993 | 3 199 100 | 667 600 | 2 531 500 | 275 600 |
| 1994 | 2 935 569 | 873 850 | 2 061 719 | 400 720 |
| 1995 | 2 870 000 | 1 040 000 | 1 830 000 | 381 150 |
| 1996 | 2 351 026 | 992 160 | 1 358 866 | 342 000 |
| 1997 | 2 242 900 | 1 092 900 | 1 150 000 | 239 400 |
| 1998 (*) | 2 435 000 | 1 300 000 | 1 135 000 | 206 000 |
| 1999 (*) | 2 584 000 | 1 334 000 | 1 250 000 | 270 000 |
| 2000 (*) | 2 690 000 | 1 580 000 | 1 110 000 | 330 000 |
| 2001 (*) | 2 290 000 | 1 273 000 | 1 017 000 | |
| 2002 (*) | 2 422 000 | 1 228 000 | 1 194 000 | |
| 2003 (*) | 2 747 000 | 1 242 000 | 1 505 000 | |
| 2004 (*) | 3 087 000 | 1 375 000 | 1 712 000 | |
| 2005 (*) | 3 702 200 | 1 238 200 | 2 464 000 | |
| 2006 (*) | 3 250 000 | 1 060 000 | 2 190 000 | |

(*) : à partir de 1998, nouveau périmètre intégrant les bicyclettes dont la hauteur de selle maximale est supérieure à 435 mm (à partir des bicyclettes jeunes enfants 16 ")
Source FIEV.

Malgré les fluctuations des ventes de vélos en France, le parc de vélos en circulation n'a cessé d'augmenter depuis les origines (tableau 14). Ce parc est bien connu grâce à l'impôt sur les vélocipèdes mis en place de 1893 à 1959, même si dans les dernières années la fraude était plus importante. Pour les années plus récentes, ce sont les enquêtes sur les transports qui permettent de connaître le parc.

**Tableau 14. Le parc de vélos en France de 1890 à 1987**

| Année | Parc* | Parc réel estimé** |
|---|---|---|
| 1890 | 50 000 | |
| 1893 | 150 000 | 197 069 |
| 1896 | 330 000 | 430 318 |
| 1901 | 1 000 000 | 968 701 |
| 1912 | 3 000 000 | 3 162 197 |
| 1939 | 10 000 000 | |
| 1974 | 15 000 000 | |
| 1987 | 17 000 000 | |

Source : *CNPC http://www.tousavelo.com/Lhistoire-du-CNPC/0334.html consulté le 3/05/2011; ** Orselli, 2009, t1, p.133, d'après données fiscales redressées

Si le parc de vélos est assez bien connu, son usage l'est moins. Avant la réalisation de grandes enquêtes sur les déplacements, on ne peut le connaître que de manière indirecte. Les recensements de la circulation donnent les flux de bicyclettes sur certaines routes seulement, principalement les routes nationales, et plus récemment sur

certaines voies dans les grandes villes. Ainsi par exemple, on comptait en 1903 sur les routes nationales en moyenne 31,8 vélocipèdes par jour, contre 1,1 motocycle, 7 voitures à traction mécanique, 251,4 voitures à traction animale, et 131,9 animaux (Barles *et al.*, 2004). Le trafic était alors globalement très faible. Le trafic de vélos a ensuite augmenté pour atteindre un maximum des années 1930 aux années 1950, puis diminué avec l'essor de la circulation motorisé (tableau 15).

**Tableau 15. Circulation des bicyclettes sur les routes nationales en France, 1894-1960**

| Année | Circulation (Bicyclettes par jour) | Trafics annuels sur l'ensemble des réseaux (milliards de véhicules.km/an)*** |
|---|---|---|
| 1894** | 4,5 | 0,23** |
| 1903* | 31,8 | 1,6** |
| 1913* | 80,1 | 4,3** |
| 1921** | 105,0 | 5,8** |
| 1934** | 144,0 | 8,5** |
| 1955* | 142,3 | |
| 1960* | 68,0 | |

Sources : * Barles *et al.*, 2004 ; ** Orselli, 2009, t1, p.134 ; *** estimations Orselli

Un autre moyen indirect de connaître l'usage du vélo est le chiffrage des cyclistes impliqués dans les accidents. Ce chiffrage existe depuis l'origine : l'enquête de 1903 (Orselli, 2009, t1, p.71, tableau 15) dénombre 90 tués du fait de cyclistes (dont 75 cyclistes et 15 piétons). Mais a été rationalisé à partir des années 1970 (tableau 16). Évidemment, la baisse bienvenue de l'accidentalité des cyclistes depuis 1970 ne traduit pas seulement une baisse du nombre de cyclistes en circulation, mais témoigne aussi heureusement de l'amélioration des conditions de sécurité sur les routes, mais il n'est possible de faire la part des deux effets qu'en croisant avec d'autres données.

**Tableau 16. Accidentalité des cyclistes en France, 1970-2010 et 1903**

| Année | Accidents | Bicyclettes | Tués | Blessés | dont graves |
|---|---|---|---|---|---|
| 1903 | | | 90*** | 5416*** | 1328*** |
| 1970 | N.D. | 14978 | 795 | 13157 | 4363 |
| 1975 | N.D. | 13963 | 565 | 12451 | 3783 |
| 1980 | 14394 | 14904 | 659 | 13418 | 4100 |
| 1985 | 10756 | 11081 | 426 | 10027 | 2925 |
| 1990 | 8964 | 9283 | 401 | 8257 | 2286 |
| 1995 | 8288 | 8533 | 374 | 7681 | 1881 |
| 2000 | 6335 | 6520 | 255 | 5927 | 1039 |
| 2005 | 4883 | 5027 | 180* | 4587 | 1667** |
| 2010 | 4260 | 4379 | 147* | 3969 | 1361** |

(*) Tués à 30 jours à partir de 2005 (auparavant à 6 jours)
(**) Blessés hospitalisés
(***) « Auteurs » d'accidents, d'après enquête de 1903 (Orselli, 2009, t1, p.71, tableau 15)
Source ONISR

Ici, nous n'irons pas plus loin dans l'exploitation de ces diverses données, mais nous nous concentrerons sur celles apportées par les enquêtes sur les déplacements, pour connaître l'évolution de la mobilité à vélo en France. Dans un premier temps, nous passerons en revue ce que l'on peut dire à partir des différentes enquêtes qui ont été réalisées historiquement. Dans un second temps, nous fournirons des résultats inédits à partir d'une enquête rétrospective réalisée dans le cadre de l'Enquête nationale sur les transports et les déplacements 2007-2008.

## *Les données des enquêtes historiques sur la mobilité*

### Les différentes enquêtes

Depuis les années 1960, plus d'une centaine d'enquêtes auprès des ménages ont été menées pour connaître les déplacements. Ces enquêtes ont été réalisées dans différentes villes, ou agglomérations, puis élargies à des territoires plus vastes. C'est le Cetur, devenu Certu en 1994, qui a supervisé ces enquêtes en province, et la Dreif (maintenant Dreia après 2010) en Île-de-France. Neuf enquêtes réalisées de 1966 à 1978 ne distinguaient pas les bicyclettes de l'ensemble des deux roues. Depuis 1976, toutes les autres enquêtes le font, mais les publications donnant des résultats issus des enquêtes ne font pas toujours la distinction.

Au niveau national, cinq enquêtes ont eu lieu depuis les années soixante (1966-1967, 1973-1974, 1981-1982, 1993-1994 et 2007-2008). La dernière enquête (ayant pour dénomination Enquête nationale sur les transports et les déplacements, ENTD) a eu lieu en 2007-2008, le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) a assuré la maîtrise d'ouvrage de l'opération et l'Insee en fut le maître d'œuvre. L'Inrets (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, maintenant Ifsttar depuis 2011) a été le coordinateur scientifique de cette enquête.

Malgré l'existence de ces enquêtes, il n'est pas facile de disposer des statistiques anciennes qui en sont issues concernant la bicyclette : soit les informations demandées dans les enquêtes sont insuffisantes (portant par exemple sur les seuls déplacements domicile-travail comme dans l'enquête de 1959), soit elles sont trop agrégées (par exemple bicyclette et autres deux-roues ne sont pas distingués), soit les exploitations n'ont pas été faites, soit elles ont été faites mais les fichiers ou les listings ne peuvent pas être retrouvés. Par défaut, il faut se rabattre sur les seules publications accessibles, et effectuer des estimations rétrospectives pour palier les lacunes.

Au niveau local, nous donnons un tableau exhaustif de la mobilité à vélo dans les différentes enquêtes où elle est disponible. Au niveau national, nous commencerons par les données les plus concrètes pour aller vers les estimations les plus spéculatives. Nous nous intéresserons ainsi successivement au parc de bicyclettes, aux seuls déplacements domicile-travail, aux déplacements tous motifs effectués au niveau local par semaine, aux distances parcourues au niveau local par semaine, aux distances parcourues au niveau national et sur l'année.

### La mobilité au niveau local

Les résultats de toutes les enquêtes ménages sur les déplacements au niveau local, en ce qui concerne le nombre de déplacements à vélo et la part modale du vélo, lorsqu'ils étaient disponibles, sont répertoriés dans les tableaux 17 et 18 par ordre chronologique. On constate un déclin du vélo jusqu'aux années 1990, à partir desquelles dans les grandes villes il a cessé de décroître ou augmenté. Mais le fait le plus marquant est la grande diversité du niveau d'usage du vélo entre les villes. Différentes raisons peuvent être avancées pour expliquer ces différences[37] (Papon, 2003E1, voir tome 2). Depuis la mise en service de Vélo'v à Lyon en 2005, l'effet d'entraînement des vélos en libre service est également souvent mis en avant.

[37] Taille de l'agglomération, région, relief, mais surtout politique cyclable continue.

**Tableau 17. Déplacements à vélo dans les enquêtes ménages déplacements locales en France, 1976-1994**

| Année | Ville | Population | Déplacements à vélo par personne par jour | Part modale (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1976 | Île-de-France | 8 686 866 | 0,08 | 2,0 |
| 1976 | Petite couronne | 3 439 290 | 0,06 | 1,6 |
| 1976 | Grande couronne | 3 181 219 | 0,14 | 3,5 |
| 1976 | Paris | 2 066 357 | 0,01 | 0,3 |
| 1976 | Marseille | 1 111 529 | 0,02 | 0,6 |
| 1976 | Lyon | 1 028 554 | 0,10 | 2,6 |
| 1976 | Lille | 889 624 | 0,18 | 6,0 |
| 1976 | Nancy | 245 723 | 0,05 | 1,5 |
| 1976 | Orléans | 241 911 | 0,26 | 6,9 |
| 1978 | Bordeaux | 604 834 | 0,18 | 6,1 |
| 1978 | Toulouse | 551 934 | 0,14 | 4,4 |
| 1978 | Grenoble | 371 380 | 0,27 | 6,1 |
| 1979 | Amiens | 159 834 | 0,12 | 3,3 |
| 1980 | Nantes | 465 748 | 0,18 | 6,0 |
| 1980 | Avignon | 131 110 | 0,37 | 10,4 |
| 1981 | Valence | 130 000 | 0,22 | 5,4 |
| 1982 | Lorient | 171 154 | 0,12 | 4,0 |
| 1983 | Île-de-France | 9 939 225 | 0,05 | 1,4 |
| 1983 | Grande couronne | 3 974 507 | 0,08 | 2,5 |
| 1983 | Petite couronne | 3 818 423 | 0,03 | 0,9 |
| 1983 | Paris | 2 146 295 | 0,01 | 0,3 |
| 1983 | Belfort | 106 484 | 0,17 | 4,4 |
| 1984 | Perpignan | 116 972 | 0,07 | 2,0 |
| 1985 | Lyon | 1 099 468 | 0,04 | 1,0 |
| 1985 | Grenoble | 380 432 | 0,13 | 3,2 |
| 1985 | Valenciennes | 328 594 | 0,23 | 6,4 |
| 1985 | Toulon | 289 208 | 0,03 | 1,1 |
| 1986 | Orléans | 229 990 | 0,12 | 4,2 |
| 1987 | Lille | 1 093 149 | 0,13 | 3,5 |
| 1988 | Marseille | 1 136 690 | 0,01 | 0,3 |
| 1988 | Strasbourg | 386 413 | 0,32 | 8,0 |
| 1988 | Dijon | 221 273 | 0,08 | 1,9 |
| 1988 | Reims | 200 190 | 0,05 | 1,2 |
| 1989 | Aix-en-Provence | 227 369 | 0,03 | 0,9 |
| 1989 | Angers | 199 270 | 0,12 | 3,6 |
| 1990 | Bordeaux | 761 591 | 0,12 | 3,6 |
| 1990 | Toulouse | 680 564 | 0,10 | 3,1 |
| 1990 | Nantes | 518 119 | 0,07 | 2,1 |
| 1990 | Étang-de-Berre | 325 823 | 0,05 | 1,5 |
| 1990 | Mulhouse | 214 328 | 0,15 | 4,1 |
| 1991 | Île-de-France | 10 464 179 | 0,03 | 0,8 |
| 1991 | Grande couronne | 4 472 635 | 0,04 | 1,3 |
| 1991 | Petite couronne | 3 930 056 | 0,02 | 0,5 |
| 1991 | Paris | 2 061 488 | 0,01 | 0,4 |
| 1991 | Saint-Etienne | 435 171 | 0,02 | 0,5 |
| 1991 | Rennes | 309 922 | 0,13 | 3,4 |
| 1991 | Nancy | 294 705 | 0,04 | 0,9 |
| 1991 | Le Havre | 237 662 | 0,04 | 1,0 |
| 1991 | Valence | 228 164 | 0,22 | 5,4 |
| 1991 | Dunkerque | 202 490 | 0,16 | 4,0 |
| 1991 | Amiens | 152 926 | 0,03 | 1,1 |
| 1992 | Grenoble | 349 275 | 0,14 | 3,7 |
| 1992 | Clermont-Ferrand | 322 759 | 0,07 | 1,9 |
| 1992 | Metz | 177 438 | 0,04 | 1,1 |
| 1992 | Belfort | 127 353 | 0,10 | 2,6 |
| 1994 | Cherbourg | 87 031 | 0,12 | 2,8 |

Source : Certu, EMD et Papon (1999M4)

**Tableau 18. Déplacements à vélo dans les enquêtes ménages déplacements locales en France, 1995-2007**

| Année | Ville | Population | Déplacements à vélo par personne par jour | Part modale (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1995 | Lyon | 1 220 030 | 0,03 | 0,7 |
| 1996 | Toulouse | 723 087 | 0,10 | 2,8 |
| 1996 | Rouen | 382 339 | 0,03 | 0,7 |
| 1996 | Reims | 221 000 | 0,04 | 1,0 |
| 1996 | Saint-Nazaire | 187 452 | 0,16 | 4,2 |
| 1996 | Douai | 173 615 | 0,15 | 4,0 |
| 1996 | Elbeuf | 53 595 | 0,07 | 1,8 |
| 1997 | Marseille | 1 068 056 | 0,01 | 0,4 |
| 1997 | Strasbourg | 563 053 | 0,27 | 6,1 |
| 1997 | Toulon | 356 921 | 0,04 | 1,0 |
| 1997 | Valenciennes | 339 215 | 0,15 | 4,0 |
| 1997 | Etang-de-Berre | 328 698 | 0,03 | 0,8 |
| 1997 | Aix-en-Provence | 289 783 | 0,02 | 0,4 |
| 1998 | Lille | 1 191 095 | 0,08 | 1,9 |
| 1998 | Nice | 1 029 288 | 0,03 | 0,7 |
| 1998 | Bordeaux | 801 303 | 0,11 | 2,9 |
| 1998 | Troyes | 119 991 | 0,13 | 3,3 |
| 1999 | Côte Basque | 223 000 | 0,04 | 1 |
| 2000 | Rennes | 352 000 | 0,12 | 4 |
| 2000 | Fort-de-France | 170 000 | 0,01 | 0 |
| 2001 | Saint-Etienne | 510 000 | 0,02 | 1 |
| 2002 | Île-de-France | 11 067 000 | 0,03 | 1 |
| 2002 | Grenoble total | 712 000 | 0,07 | 3 |
| 2002 | Grenoble agglo | 385 000 | 0,10 | 4 |
| 2003 | Toulouse | 935 000 | 0,11 | 4 |
| 2003 | Montpellier | 445 000 | 0,09 | 3 |
| 2003 | Clermont-Ferrand | 344 000 | 0,03 | 1 |
| 2003 | Dunkerque | 259 000 | 0,04 | 3 |
| 2003 | Brest | 203 000 | 0,03 | 1 |
| 2004 | Belfort | 293 000 | 0,04 | 1 |
| 2004 | Béthune | 273 000 | 0,07 | 2 |
| 2004 | Lorient | 200 000 | 0,06 | 2 |
| 2004 | Besançon | 162 000 | 0,05 | 2 |
| 2004 | Maubeuge | 125 000 | 0,04 | 1 |
| 2005 | Pau | 140 000 | 0,13 | 4 |
| 2006 | Lyon | 1 243 000 | 0,06 | 1 |
| 2006 | Lille | 1 086 000 | 0,06 | 2 |
| 2006 | Reims | 228 000 | 0,04 | 1 |
| 2006 | Beaujolais | 207 000 | 0,02 | 1 |
| 2006 | Métropole Savoie | 180 000 | 0,06 | 2 |
| 2006 | Vienne | 113 000 | 0,03 | 1 |
| 2006 | Nord Isère | 97 000 | 0,02 | 1 |
| 2007 | Rouen Elbeuf | 663 000 | 0,04 | 2 |
| 2007 | Rouen agglo | 396 000 | 0,04 | 2 |
| 2007 | Rennes | 392 000 | 0,16 | 6 |
| 2007 | Elbeuf | 55 000 | 0,04 | 2 |

Source : Certu, EMD et Papon (1999M4)

### Le parc de bicyclettes

Le parc de bicyclettes d'adultes a subi une augmentation sensible au cours de ces quarante dernières années (tableau 19), puisqu'il a presque triplé. Toutefois, un certain nombre de bicyclettes ne sont pas réellement en état de marche, ou ne sont jamais utilisées. De plus, une grande partie du parc est faiblement utilisée. Après un déclin de la bicyclette sauf pour les usages course ou cyclo-tourisme dans années 1970, le boom du vélo tout-terrain (VTT) a accru l'équipement des ménages, mais pas pour un usage transport et sur route.

**Tableau 19. Le parc de vélos de 1967 à 2008**

| | 1967 | 1976 | 1981-1982 | 1993-1994 | 2007-2008 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vélos d'adulte | 9 197 000 | | 13 133 000 | 21 270 000 | 26 700 000 |
| Vélos d'enfant | | | | | 9 000 000 |
| Total | | 14 600 000 | | | 35 700 000 |

Sources : Insee (Note Insee 1971) d'après enquête sur les transports pour 1967, Trognon (1979) d'après enquête deux-roues pour 1976, Papon (1997B, voir tome 2) d'après enquêtes sur les transports Inrets-Insee pour 1981-1982 et 1993-1994, Papon & de Solère (2010B2, voir tome 2) d'après ENTD pour 2007-2008

L'Enquête nationale sur les transports auprès des ménages de 1973-1974 n'a malheureusement pas interrogé l'équipement en bicyclettes. L'enquête "deux-roues" de 1976 permet d'y remédier (Trognon, 1979). Néanmoins, le parc de bicyclettes indiqué en 1976 comporte 40% de vélos d'enfant.

#### Les déplacements domicile-travail

Les premières enquêtes sur les transports auprès des ménages ont porté sur les seuls déplacements domicile-travail (dès 1959). Pour l'Enquête nationale de 1967, nous ne disposons que de ces résultats. L'Enquête nationale de 1973-1974 a enregistré l'ensemble des déplacements, mais les exploitations ont privilégié les déplacements domicile-travail, l'utilisation de la voiture particulière et la motorisation des ménages. Ainsi, la préoccupation principale à l'époque était la planification des infrastructures routières et le marché automobile. La marche et les deux-roues étant considérés comme des modes du passé n'ont pas reçu une grande attention à l'époque.

**Tableau 20. Parts modales pour trajets domicile-travail de 1959 à 2008**

| Mode | 1959 | 1967 | 1974 | 1982 | 1994 | 2008 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Marche | 32 | 25 | 22 | 15 | 11 | 9 |
| Deux-Roues | 35 | 25 | 17 | 11 | 5 | 5 |
| Transports Publics | 34 | 23 | 19 | 19 | 15 | 13 |
| Voiture Particulière | 9 | 27 | 42 | 55 | 69 | 72 |
| Ensemble | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Source J.L. Madre 21/04/1997 pour 1959, 1967 et 1974 et D. François (2010) pour 1982, 1994 et 2008 d'après notamment enquêtes nationales transports Insee-Inrets

Pourtant, (tableau 20) la marche et les deux-roues représentaient les deux tiers de la mobilité domicile-travail en 1959, la moitié en 1967, et 39% en 1974. Mais il n'a pas été jugé utile de publier les résultats par type de deux roues. Ainsi, le dossier d'exploitation de l'enquête Insee sur les conditions de transport des ménages en 1973-1974 comprend sept dossiers, dont les quatre premiers sont consacrés à la disposition et à l'usage de l'automobile. Le cinquième dossier est consacré aux déplacements domicile-travail en général (Houée, 1978). Les sixième et septième dossiers portent respectivement sur la mobilité à longue distance et sur les dépenses de transport. Mais dans le dossier n°5, les types de deux-roues ne sont jamais distingués. On y note que :

- l'usage de la marche et des deux-roues décroissait quand le revenu augmentait ;
- l'usage de la marche et des deux-roues était plus fort pour les catégories socio-professionnelles suivantes : salariés agricoles, personnels de service-manœuvres (surtout marche), ouvriers (surtout deux-roues), employés ;
- l'usage de la marche et des deux-roues était plus faible parmi les personnes disposant d'une automobile et d'un permis ;
- l'usage de la marche était plus important en ville, et celui des deux-roues en banlieue ;
- les deux-roues étaient plus utilisés de 1 à 5 kilomètres (environ 30%) ;

- les deux-roues assuraient plutôt des trajets de 10 à 20 minutes.

#### Les déplacements locaux tous motifs

L'étude des déplacements tous motifs ne peut commencer qu'en 1973-1974.

Le tableau 21 donne la mobilité locale hebdomadaire par différents modes. Par mobilité locale, on entend les déplacements effectués à moins de 80 kilomètres à vol d'oiseau du domicile, pour permettre la comparaison avec les enquêtes de 1973-1974 et 1981-1982 pour lesquelles seule cette mobilité est enregistrée. Cette mobilité est relative aux résidents en France métropolitaine âgés de 6 ans et plus. De plus, la mobilité à pied n'a pas été recensée en 1993-1994 pour les week-ends. Sur la base de la proportion de personnes ne s'étant déplacées qu'à pied, qui est restée presque constante le week-end (elle a chuté en semaine), il a été supposé que la proportion des déplacements à pied est restée constante pendant les week-ends, et que leur longueur s'est accrue au même rythme que pour les jours de semaine.

Par ailleurs, la distinction des différents types de deux-roues n'existait pas dans les résultats de l'enquête de 1973-1974. Pour ventiler le nombre total connu de déplacements en deux-roues entre les différents types de deux-roues, nous avons supposé que la variation relative de pente dans l'évolution de l'usage de ces différents types de deux roues entre les deux intervalles 1974-1981 et 1982-1993 était la même pour tous les types de deux-roues, ce qui permet de minimiser les cassures.

**Tableau 21. Millions de déplacements par semaine dans un rayon de 80 km autour du domicile, résidents en France métropolitaine de 6 ans et plus, 1973-2008**

| | millions de déplacements par semaine | | | | parts modales | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mode | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 | 2007-2008 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 | 2007-2008 |
| Marche | 526 | 352,3 | 270,2 | 249,5 | 49,62% | 32,32% | 24,20% | 22,00% |
| Bicyclette | 41,6 | 46,2 | 30,5 | 31,9 | 3,92% | 4,24% | 2,73% | 2,81% |
| Cyclomoteur | 44,8 | 38,7 | 10,5 | 18,8 | 4,23% | 3,55% | 0,94% | 1,66% |
| Motocyclette | 4,6 | 5,8 | 4,7 | | 0,43% | 0,53% | 0,42% | |
| Voiture Particulière | 347 | 555,3 | 713,6 | 749,7 | 32,74% | 50,94% | 63,90% | 66,12% |
| Transports Collectifs | 77 | 63,2 | 71,3 | 83,3 | 7,26% | 5,80% | 6,38% | 7,35% |
| Autres | 19 | 28,7 | 15,9 | | 1,79% | 2,63% | 1,42% | |
| Total | 1060 | 1090,2 | 1116,7 | 1133,8 | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |

Source J.L. Madre 16/04/1997 et exploitations de F. Papon pour 2007-2008, d'après enquêtes nationales transports Insee-Inrets. Marche les weekends en 1993-1994 estimée par J.L. Madre (proportion constante). Ventilation deux-roues en 1973-1974 estimée par répartition homogène des ruptures de tendance.

Les résultats de la ventilation des deux-roues en 1973-1974 estimée par répartition homogène des ruptures de tendance sont confirmés par la part de la bicyclette parmi les deux-roues estimée de 40 à 50% dans les années 1970 selon Héran (1996, p.84), d'après les enquêtes ménages de province.

Selon le tableau 21, le déclin de l'usage de la bicyclette daterait des années 1980 alors que celui de la marche est plus ancien. Il faut néanmoins s'interroger sur un sous-recensement éventuel des déplacements en deux-roues en 1973-1974, qui ne préoccupaient guère les spécialistes des transports à l'époque.

**Tableau 22. Millions de voyageurs-kilomètres par semaine dans un rayon de 80 km autour du domicile, résidents en France métropolitaine de 6 ans et plus, de 1973 à 1994[38]**

| | Millions de voyageurs-kilomètres par semaine | | | | Répartition modale | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mode | 1973-1974 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 | 1973-1974 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 |
| | Hypothèse 1 | Hypothèse 2 | | | Hypothèse 1 | Hypothèse 2 | | |
| Marche | 316,0 | 354,6 | 237,5 | 211,9 | 7,48% | 7,62% | 3,80% | 2,49% |
| Bicyclette | 68,4 | 83,4 | 92,6 | 77,6 | 1,62% | 1,79% | 1,48% | 0,91% |
| Cyclomoteur | 165,0 | 177,7 | 153,5 | 46,1 | 3,91% | 3,82% | 2,46% | 0,54% |
| Motocyclette | 33,0 | 38,5 | 48,6 | 47,9 | 0,78% | 0,83% | 0,78% | 0,56% |
| Voiture Particulière | 2640,7 | 2980,2 | 4769,2 | 7176,0 | 62,49% | 64,02% | 76,36% | 84,32% |
| Transports collectifs | 885,0 | 866,1 | 710,9 | 775,8 | 20,94% | 18,61% | 11,38% | 9,12% |
| Autres | 117,6 | 154,4 | 233,2 | 175,4 | 2,78% | 3,32% | 3,73% | 2,06% |
| Total | 4225,7 | 4654,9 | 6245,5 | 8510,7 | 100% | 100% | 100% | 100% |

Source JL Madre 16/04/1997 d'après enquêtes nationales transports Insee-Inrets
Marche les weekends en 1993-1994 estimée par JL Madre (augmentation proportionnelle des longueurs)
Estimations 1973-1974 faites par F Papon à partir du tableau 18
Hypothèse 1 : croissance linéaire des longueurs moyennes de déplacement par mode
Hypothèse 2 : longueurs moyennes des déplacements identiques en 1973-1974 et 1981-1982

Le tableau 22 donne l'évolution de la mobilité locale hebdomadaire en termes de distances par différents modes. Le tableau 23 en déduit la longueur moyenne des déplacements, sauf pour 1973-1974, où ces longueurs moyennes sont établies suivants deux hypothèses : hypothèse 1 : croissance linéaire des longueurs moyennes de déplacement par mode ; hypothèse 2 : longueurs moyennes des déplacements identiques en 1973-1974 et 1981-1982.

Ces longueurs moyennes ont servi à estimer les voyageurs-kilomètres en 1973-1974 dans le tableau 22.

En vérité, l'hypothèse 2 est plus vraisemblable, au moins pour la bicyclette, car elle conduit à une évolution faible des distances parcourues par ce mode.

**Tableau 23. Longueur moyenne (km) des déplacements dans un rayon de 80 km autour du domicile, résidents en France métropolitaine de 6 ans et plus, de 1973 à 1994**

| Mode | 1973-1974 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 |
|---|---|---|---|---|
| | hypothèse 1 | hypothèse 2 | | |
| Marche | 0,60 | 0,67 | 0,67 | 0,78 |
| Bicyclette | 1,64 | 2,00 | 2,00 | 2,54 |
| Cyclomoteur | 3,68 | 3,97 | 3,97 | 4,39 |
| Motocyclette | 7,17 | 8,38 | 8,38 | 10,19 |
| Voiture Particulière | 7,61 | 8,59 | 8,59 | 10,06 |
| Transports collectifs | 11,49 | 11,25 | 11,25 | 10,88 |
| Autres | 6,19 | 8,13 | 8,13 | 11,03 |
| Ensemble | 3,99 | 4,27 | 5,73 | 7,62 |

Source J.L. Madre 16/04/1997 d'après enquêtes nationales transports Insee-Inrets
Rapports des tableaux 22 et 21 pour 81-82 et 93-94, hypothèses pour 73-74

[38] L'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008 a délibérément été écartée de ce tableau et des suivants, car la question sur la distance de déplacement n'y a pas été posée. À la place une estimation fondée notamment sur des régressions à partir des résultats de l'Enquête nationale sur les transports et communications de 1993-1994 a été faite. Mais il est bien évident que cette estimation ne peut pas être utilisée pour étudier l'évolution des distances parcourues entre les deux enquêtes.

Ces estimations peuvent être comparées avec celles faites par J.M. Beauvais (1996) à partir des enquêtes sur les transports auprès des ménages réalisées dans les grandes villes de province et en Île-de-France. Il extrapole ces données aux petites villes et au milieu rural, et obtient les estimations données dans le tableau 24.

**Tableau 24. Millions de véhicules-kilomètres par jour ouvrable en deux-roues, en France, de 1969 à 1990**

| Mode | 1969 | 1976 | 1983 | 1990 |
|---|---|---|---|---|
| Bicyclettes | 21,49 | 19,02 | 13,86 | 12,00 |
| Deux-roues à moteur | 43,94 | 37,53 | 25,42 | 17,90 |
| Ensemble | 65,43 | 56,56 | 39,28 | 29,90 |

Source Beauvais (1996). Estimations d'après enquêtes ménages de province et Île-de-France.

Les hypothèses faites par J.M. Beauvais pour les dates anciennes et les zones rurales peuvent être excessives : elles conduisent par semaine à 133 millions de véhicules-kilomètres (donc de voyageurs-kilomètres) à bicyclette en 1976, contre de 68 à 83 millions de voyageurs-kilomètres en 1973-1974 dans le tableau 22, puis 97 millions de voyageurs-kilomètres en 1983 contre 93 millions de voyageurs-kilomètres en 1981-1982 dans le tableau 22 (ce qui est plus cohérent), puis 84 millions de voyageurs-kilomètres en 1990 contre 78 millions de voyageurs-kilomètres en 1993-1994 dans le tableau 22 (ce qui est également plus cohérent). Ces écarts pour les années 1970 montrent que l'hypothèse 2 est plus plausible que l'hypothèse 1, et qu'elle est peut-être insuffisante.

Pour les deux-roues à moteur, les estimations de J.M. Beauvais pêcheraient encore par excès en 1976 (263 contre 198 à 216 en 1973-1974 dans le tableau 22) et en 1990 (125 contre 94 en 1993-1994 dans le tableau 22), mais par défaut en 1983 (178 contre 202 en 1981-1982 dans le tableau 22) — le tout en millions de voyageurs-kilomètres par semaine, en négligeant les passagers de deux-roues. En fait l'écart peut s'expliquer par la différence de sources (locales pour J.M. Beauvais, et nationales pour nous) et de méthodes.

**Tableau 25. Coefficient de passage moins de 80 km à toutes distances, de 1973 à 1994**

| Mode | 1973-1974 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 |
|---|---|---|---|---|
| | hypothèse 1 | hypothèse 2 | | |
| Marche | 1,000 | 1,035 | 1,035 | 1,087 |
| Deux-Roues à Moteur | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,244 |
| Bicyclette | 1,000 | 1,035 | 1,035 | 1,087 |
| Voiture Particulière | 1,288 | 1,360 | 1,360 | 1,469 |
| Transports collectifs et autres | 1,000 | 1,366 | 1,366 | 1,966 |

Calculs d'après tableau 26 pour 1981-1982 et 1993-1994, hypothèses pour 1973-1974

**Tableau 26. Milliards de voyageurs-kilomètres par an (toutes distances), résidents en France métropolitaine de 6 ans et plus, de 1973 à 1994**

| Mode | 1973-1974 | 1973-1974 | 1981-1982 | 1993-1994 |
|---|---|---|---|---|
| | hypothèse 1 | hypothèse 2 | | |
| Marche | 16,5 | 19,1 | 12,8 | 12,0 |
| Bicyclette | 3,6 | 4,5 | 5,0 | 4,4 |
| Cyclomoteur | 8,6 | 9,3 | 8,0 | 3,0 |
| Motocyclette | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 3,1 |
| Voiture Particulière | 177,5 | 211,5 | 338,5 | 549,9 |
| Transports collectifs et autres | 46,2 | 61,7 | 67,3 | 97,6 |
| Total | 254,0 | 308,2 | 434,1 | 670,0 |

Source J.L. Madre /01/1996 d'après enquêtes nationales transports Insee-Inrets pour 1981-1982 et 1993-1994. Calcul d'après tableau 22 et tableau 25 pour 1973-1974

Les tableaux 25 et 26 permettent d'extrapoler les résultats du tableau 22 à l'ensemble des déplacements (y compris à plus de 80 kilomètres du domicile), et pour l'année. Ces données sont établies par J.L. Madre dans le tableau 26 pour 1981-1982 et 1993-1994.

Nous en déduisons dans le tableau 25 le coefficient de passage des distances parcourues à moins de 80 kilomètres du domicile à l'ensemble des distances. Ce coefficient est naturellement plus fort pour les modes qui permettent de se déplacer à longue distance (voiture particulière et transports collectifs), avec une augmentation entre 1981-1982 et 1993-1994. Mais il n'est pas égal à 1 pour la marche et la bicyclette à cause des trajets secondaires à pied et à bicyclette qui peuvent être faits sur un lieu de destination situé à plus de 80 kilomètres du domicile au cours d'un voyage d'affaires ou de loisirs. Ce coefficient est sans doute sous estimé à cause de la mauvaise prise en compte dans les enquêtes nationales sur les transports des déplacements effectués par les non résidents.

Nous avons rétropolé ces coefficients en 1973-1974 avec deux hypothèses :

- Hypothèse 1 : croissance linéaire des coefficients de passage par mode (en leur interdisant d'être inférieurs à 1).
- Hypothèse 2 : coefficients de passage identiques en 1973-1974 et 1981-1982.

À partir de ces hypothèses, nous avons estimé les milliards de voyageurs-kilomètres par an (toutes distances) en 1973-1974 dans le tableau 23.

La comparaison avec les données de J.M. Beauvais conduit à préférer l'hypothèse 2, qui pêche même sans doute par défaut, au moins pour la bicyclette.

Par ailleurs certaines critiques laissent penser que les estimations des distances parcourues à pied et à bicyclette dans les enquêtes nationales sur les transports sont sous-évaluées, pour plusieurs raisons :

- les trajets pour motif principal sport ou promenade sont mal saisis, et peuvent être omis par les personnes qui répondent si elles considèrent que ce n'est pas du transport ;
- les petits trajets peuvent être plus facilement oubliés ;
- les distances sont mal connues pour les cyclistes non équipés de compteur, et a fortiori pour les piétons (elles sont parfois laissées au minimum de 100 mètres dans le codage de l'enquête).

Ainsi, J.R. Carré[39] estime que "en réalité l'exposition globale bicyclette doit dépasser 6 milliards de kilomètres" en 1981-1982.

En 2007-2008, la question sur la distance de déplacement n'a pas été posée dans l'enquête. Une estimation des distances de déplacement a été faite pour la remplacer, à partir des durées de déplacement, et d'une hypothèse de constance des vitesses par rapport à 1993-1994. La durée moyenne d'un déplacement à vélo ayant augmenté de 16,5% entre les deux enquêtes, et le nombre de déplacements à vélo par personne et par jour étant resté pratiquement constant (l'augmentation du nombre total de déplacements étant presqu'égal à celui de la population concernée), la même augmentation de 16,5% s'applique à la distance moyenne parcourue à vélo par personne et par jour.

#### Récapitulatif de l'évolution historique du vélo dans les enquêtes ménages

Le tableau 27 récapitule l'essentiel des résultats d'évolution historique pour la bicyclette. L'équipement des ménages en bicyclettes s'est amélioré, passant d'un peu plus de 9 millions de bicyclettes d'adultes en 1967 à près de 27 millions en 2007-2008. Au contraire du parc, la mobilité à bicyclette a diminué, puis s'est stabilisée. La diminution est plus forte pour les usages utilitaires, en particulier domicile-travail pour lesquels la

[39] Carré J.R., Legrand H., Voltz A.Y. (1989) Morphologie sociale des risques accidentels dans les transports, partie 1 - la mobilité des Français et l'exposition aux risques - Constitution d'une base homogène de données à partir d'une ré-exploitation de l'enquête "Transport" 81-82 de l'Insee - Inrets -rapport sur convention DTT / Inrets-Cresta pages 23/24.

part modale de la bicyclette serait passé d'environ 9% en 1959 à 2% en 2008, avec une baisse plus rapide dans les années 1960. Tous motifs confondus, la mobilité à bicyclette est passée de 0,13 déplacement par personne et par jour en 1973-1974 à 0,08 en 1993-1994. La distance parcourue par personne et par an serait passée selon nos rétropolations de 116 kilomètres en 1967 à 83 kilomètres en 1993-94. Cette baisse est donc modérée, mais selon d'autres auteurs comme Jean-Marie Beauvais, la mobilité ancienne à bicyclette pouvait être plus élevée que dans nos estimations. À titre de comparaison, dans les pays où la mobilité à bicyclette est la plus forte (Pays-Bas, Danemark, Chine), la distance parcourue par ce moyen par personne et par an est de près de 1000 kilomètres : Schollaert & Coppieters (1997, p.12) donnent 1019 kilomètres pour les Pays-Bas en 1995 et 958 kilomètres pour le Danemark.

**Tableau 27. Évolution de la mobilité à bicyclette en France de 1959 à 2008**

| | 1959 i | 1967 ii | 1973-76 ii | 1981-82 ii | 1993-94 ii | 2007-08 ii |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Parc de bicyclettes iii | | 9 167 000 | 14 600 000 iv | 13 133 000 | 21 270 000 | 26 700 000 |
| Part vélo déplacements domicile-travail % v | 9 | 7 | 5 | 4 | 2,7 | 2,2 |
| Déplacements vélo par personne et par jour vi | | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,08 | 0,08 |
| Distances vélo en km par personne et par an vii | | 116 | 98 | 102 | 83 | 97 viii |

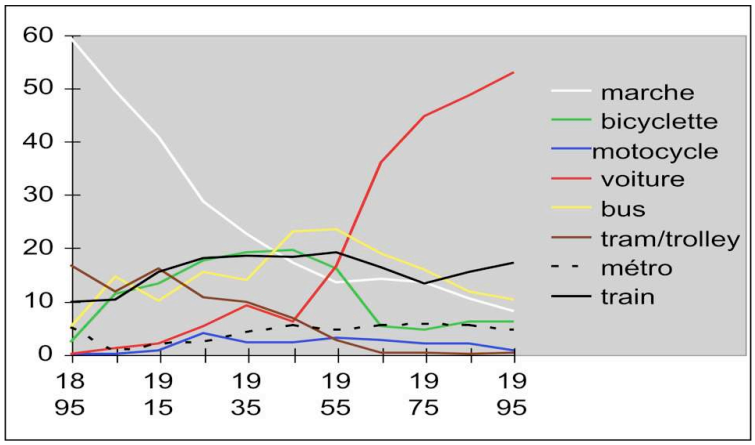
i) enquête sur les déplacements domicile-travail ; ii) enquêtes sur les transports auprès des ménages Inrets-Insee ; iii) d'après tableau 19 ; iv) y compris 40% de vélos d'enfants, d'après enquête deux-roues de 1976 ; v) estimé d'après tableau 20 ; vi) d'après tableau 21 ; vii) d'après tableau 26 (hypothèse 2 pour 1973-74) ; viii) estimation

### *Les estimations à partir des grilles biographiques de l'ENTD 2007-08*

#### L'enquête biographique de 2007-2008

Une autre source nous permet aussi de connaître la mobilité passée : dans la dernière Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-08, un volet biographique a été inclus. Ce volet a permis de recueillir environ 1100 grilles dans lesquelles les personnes interrogées ont donné leur moyen de transport principal pour chaque année de leur vie (voir §4.2.3).

**Figure 10. Évolution de la répartition modale du moyen de transport principal domicile-travail en Grande-Bretagne, 1890-1998**




Source : Pooley & Turnbull, 2000.

Au Royaume-Uni, des recueils biographiques (Pooley & Turnbull, 2000) ont permis d'étudier le moyen de transport domicile-travail depuis 1890, en interrogeant les

individus sur leurs habitudes passées. Elles ont montré que le vélo était un moyen de transport important dans la première moitié du vingtième siècle (figure 10).

Contrairement aux enquêtes classiques sur la mobilité que nous avons analysées plus haut, et qui décrivent la mobilité dans la semaine précédant l'enquête, le recueil biographique fait appel à la mémoire des personnes interrogées, et permet de remonter jusqu'à leur naissance.

En contrepartie, les informations obtenues sont naturellement moins détaillées que dans les enquêtes classiques. Ainsi, on ne dispose que d'un moyen de transport principal pour chaque année de vie, et non de tous les moyens utilisés pour tous les déplacements. Ce moyen de transport principal est le moyen utilisé le plus souvent pour aller du domicile au lieu d'activité (lieu d'études ou travail), quand il y a une activité hors du domicile, ou le moyen utilisé le plus souvent pour l'ensemble des déplacements sinon.

Ainsi, le recueil biographique de 2007-2008 est affecté par certains biais. En premier lieu, certains ménages ont été sur-représentés dans l'échantillon de l'ENTD, et le recueil biographique n'a été passé qu'à une personne tirée au sort dans chaque ménage. Il est facile de corriger ces tirages en appliquant la pondération générale de l'enquête. En second lieu, l'enquête n'a été passée que dans 17 régions sur 22. Mais comme les personnes interrogées ont déménagé au cours de leur vie, toutes les régions ont été habitées par des individus enquêtés. Il est possible de corriger la représentation régionale par une pondération permettant de retrouver la structure de la population française par région à toutes les époques. En troisième lieu, seuls les individus survivants ont pu être interrogés, de sorte que la représentation des différentes générations dans le passé est faussée par un taux de survie qui diffère selon les générations. Il est facile de corriger ce biais en appliquant des tables de survie (Vallin & Meslé, 2001). Malheureusement, il n'est pas possible ainsi de connaître la mobilité des générations qui avaient complètement disparu au moment de l'enquête, de sorte que dans le passé, on ne dispose que du comportement des tranches d'âge les plus jeunes.

En utilisant ces pondérations, il est possible de comparer les résultats des biographies avec les enquêtes historiques (Papon *et al.*, 2009C2, 2010M4) pour les déplacements réguliers et par tranche d'âge. On montre que ces données rétrospectives produisent des images relativement fiables de la répartition modale globale pour ces déplacements réguliers (tableau 28).

**Tableau 28. Répartition modale (%) des déplacements réguliers vers le lieu de travail en France selon l'âge, comparaison des deux sources ENTC 1993-1994 (en standard) et biographies années 1988-2000 (en italiques rouges)**

| | Âge | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| En % | 18-24 | | 25-34 | | 35-44 | | 45-54 | | 55-64 | |
| Marche | 13 | *15* | 9 | *12* | 9 | *13* | 12 | *11* | 18 | *11* |
| Vélo | 2 | *1* | 2 | *2* | 3 | *2* | 3 | *1* | 4 | *6* |
| Deux roues motorisés | 5 | *1* | 2 | *6* | 2 | *7* | 1 | *4* | 2 | *1* |
| Voiture conducteur | 52 | *53* | 64 | *59* | 63 | *59* | 63 | *55* | 55 | *64* |
| Voiture passager | 8 | *8* | 7 | *4* | 7 | *4* | 6 | *5* | 5 | *3* |
| Transport en commun, autres | 19 | *18* | 15 | *15* | 15 | *13* | 15 | *21* | 17 | *12* |
| Pas de déplacement et ne sais pas | | *4* | | *2* | | *2* | | *2* | | *2* |

Source : Insee-Inrets-OEST, ENTC 1993-1994, déplacements réguliers, SOeS-Insee-Inrets, ENTD 2007-2008, biographies années 1988-2000

À partir de ces biographies, nous allons étudier la part de la bicyclette comme moyen de transport principal depuis les années 1930, en fonction de l'âge, de la période et de la génération, mais évidemment seulement pour les générations qui ont survécu jusqu'en 2007. Puis nous allons modéliser la répartition modale, ce qui nous permettra d'estimer

la part de la bicyclette comme moyen de transport principal dans le passé pour l'ensemble de la population.

### La part modale de la bicyclette

Les tableaux 29, 30 et 31 donnent la part de la bicyclette selon deux des trois variables âge, période et génération (la troisième variable pouvant être lue en diagonale). Dans chacun de ces tableaux, une partie triangulaire est absente, mais pour des raisons différentes. Dans le tableau 29 période-âge, ce sont les générations anciennes disparues qui font défaut. Dans le tableau 30 période-génération, ce sont les personnes pas encore nées qui techniquement ne peuvent y figurer. Dans le tableau 31 génération-âge, ce sont les périodes futures qui n'ont pu être renseignées.

**Tableau 29. Part de la bicyclette selon la décennie et l'âge décennal (% avec pondération), 1930-2008**

| | Âge décennal | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Décennie | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80 et + | ensemble |
| 1930-39 | 1.1 | 12 | ns | ns | . | . | . | . | . | 9.9 |
| 1940-49 | 1.8 | 20 | 19 | ns | ns | . | . | . | . | 13 |
| 1950-59 | 1.3 | 19 | 19 | 14 | ns | ns | . | . | . | 13 |
| 1960-69 | 0.7 | 13 | 9.6 | 11 | 13 | ns | ns | . | . | 9.7 |
| 1970-79 | 3.1 | 4.3 | 3.1 | 7.4 | 9.0 | 5.8 | ns | . | . | 5.4 |
| 1980-89 | 0.7 | 6.5 | 1.6 | 2.6 | 4.4 | 6.5 | 3.2 | . | . | 3.6 |
| 1990-99 | . | 2.4 | 0.9 | 2.5 | 1.5 | 4.7 | 2.6 | 2.5 | . | 2.1 |
| 2000-08 | ns | 0.3 | 2.4 | 3.2 | 0.9 | 0.9 | 3.8 | 2.1 | 2.3 | 2.0 |
| ensemble | 1.2 | 9.3 | 7.1 | 6.5 | 6.0 | 5.6 | 4.8 | 2.0 | 1.7 | 5.7 |

Source : SOeS – Inrets – Insee, le volet Biographie de l'ENTD 2007-2008. Traitements Inrets, Dest.

On note une baisse du vélo avec la période, mais pas avec l'âge. L'absence des générations disparues fait que la colonne « ensemble » ne donne pas la part modale pour l'ensemble de la population, mais seulement pour les générations ayant survécu jusqu'à l'enquête.

**Tableau 30. Part de la bicyclette selon la décennie et la génération (% avec pondération), 1930-2008**

| | Génération décennale | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Décennie | 1907-29 | 1930-39 | 1940-49 | 1950-59 | 1960-69 | 1970-79 | 1980-2002 | ensemble |
| 1930-39 | 5.5 | 1.3 | . | . | . | . | . | 9.9 |
| 1940-49 | 25 | 9.4 | 1.4 | . | . | . | . | 13 |
| 1950-59 | 21 | 21 | 7.7 | 0.7 | . | . | . | 13 |
| 1960-69 | 16 | 10 | 14 | 3.3 | 0.8 | . | . | 9.7 |
| 1970-79 | 10 | 6.9 | 6.1 | 2.4 | 4.9 | 1.2 | . | 5.4 |
| 1980-89 | 4.9 | 5.7 | 3.4 | 2.7 | 4.1 | 3.9 | . | 3.6 |
| 1990-99 | 3.6 | 3.1 | 2.9 | 3.4 | 0.9 | 1.9 | 0.7 | 2.1 |
| 2000-08 | 3.3 | 1.4 | 3.1 | 0.3 | 1.9 | 4.2 | 0.4 | 2.0 |
| ensemble | 11 | 7.8 | 6.2 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 0.5 | 5.7 |

Source : SOeS – Inrets – Insee, le volet Biographie de l'ENTD 2007-2008. Traitements Inrets, Dest.

Les générations d'avant guerre ont connu dans leur jeunesse un usage massif de la bicyclette, et l'ont nettement réduit après. Les générations d'après-guerre n'ont pas autant pratiqué ce mode. Cela confirme l'effet majeur de la période sur l'usage du vélo.

**Tableau 31. Part de la bicyclette selon la génération et l'âge décennal (% avec pondération), 1930-2008**

| | Âge décennal | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Génération | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80 et + | ensemble |
| 1907-29 | 0.3 | 19 | 20 | 17 | 16 | 7.0 | 4.2 | 3.5 | 3.2 | 11 |
| 1930-39 | 1.8 | 18 | 15 | 8.3 | 5.7 | 6.1 | 1.8 | 1.0 | . | 7.8 |
| 1940-49 | 1.6 | 17 | 6.7 | 5.0 | 2.9 | 3.1 | 6.3 | . | . | 6.2 |
| 1950-59 | 0.7 | 4.5 | 2.1 | 4.1 | 1.0 | 0.3 | . | . | . | 2.3 |
| 1960-69 | 2.8 | 6.0 | 1.1 | 1.5 | 1.3 | . | . | . | . | 2.7 |
| 1970-79 | 1.2 | 4.7 | 2.1 | 4.7 | . | . | . | . | . | 3.0 |
| 1980-2002 | . | 0.9 | 0.4 | . | . | . | . | . | . | 0.5 |
| ensemble | 1.2 | 9.3 | 7.1 | 6.5 | 6.0 | 5.6 | 4.8 | 2.0 | 1.7 | 5.7 |

Source : SOeS – Inrets – Insee, le volet Biographie de l'ENTD 2007-2008. Traitements Inrets, Dest.

Le suivi des générations montre un déclin de l'usage du vélo au cours du cycle de vie, mais les générations anciennes ayant pratiqué fortement le vélo dans le passé conservent à âge égal un usage plus fort que les générations récentes ayant peu pratiqué le vélo dans leur jeunesse.

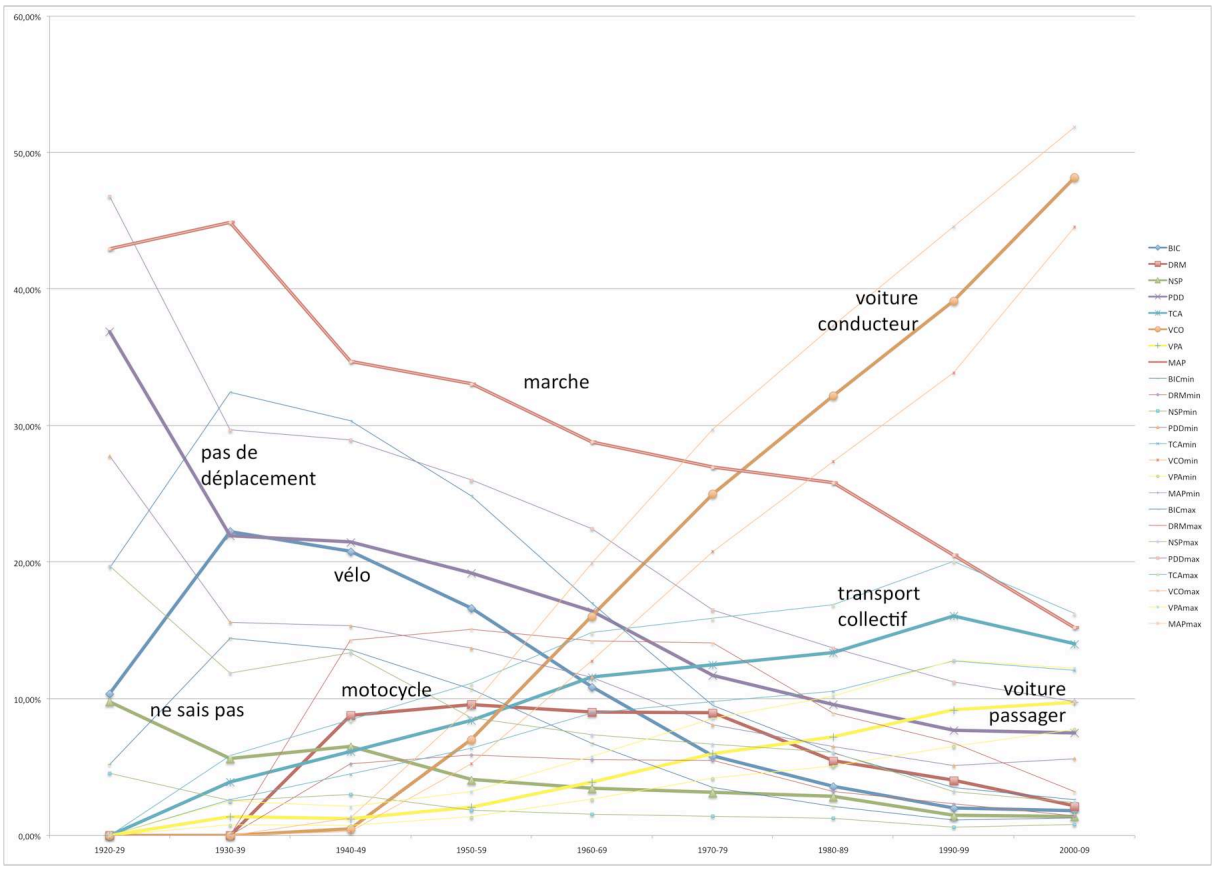
#### L'estimation d'un modèle âge-période

J'ai estimé différents modèles logistiques généralisés, permettant d'expliquer le moyen de transport principal (8 modalités, référence marche), en fonction de différentes variables explicatives, variant suivant les modèles de 2 à 8: âge décennal (référence 20-29) ou *age2* (détaillé seulement pour les jeunes et les vieux, référence 20-59) ou activité détaillée croisée partiellement avec l'âge (*actira*, référence travail à plein temps 20-59 ans) ou activité simplifiée croisée partiellement avec l'âge (*actisa*, référence travail), décennie (référence 2000-08), génération décennale (référence 1980-89), sexe (référence femmes), *zeat* de résidence (référence sud-ouest), catégorie sociale en 4 classes à la date de l'enquête (référence salarié –), type de ménage en cinq classes croisant nombre d'adultes et nombre d'enfants (référence *single*), motorisation croisée deux et quatre roues *motor7* (7 modalités, référence *1 VP sans DRM*). Les résultats de ces modèles donnent les probabilités d'obtenir une modalité plutôt que la modalité de référence du moyen de transport avec pour chaque variable une modalité plutôt que la modalité de référence. Ils donnent aussi les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à 95%.

Les modèles avec un nombre important de variables reconstituent évidemment mieux les données, ce sont les variables *actira* ou *actisa*, puis *motor7* qui sont les plus significatives, mais ces modèles ne sont pas utiles pour la reconstitution du passé ou les projections dans le futur si les variables utilisées ne sont pas disponibles, ou aisément estimables pour les périodes, ou générations, passées, ou futures. Le modèle avec les trois variables âge, décennie et génération montre que la génération joue assez peu sur les résultats, et que c'est la période qui a le plus grand effet. Comme il y a une relation naturelle entre l'âge, la période et la génération, nous allons utiliser le modèle le plus simple âge-période où la période devient très significative.

À partir des résultats de ce modèle, la répartition modale pour toutes les tranches d'âge depuis les années 1920 a été prédite. En tenant compte de la structure de la population par âge aux différentes périodes, il est possible de reconstituer une image de la répartition modale du mode principal au cours du siècle, avec les intervalles de confiance, sauf pour la marche, référence (figure 11).

**Figure 11. Évolution de la répartition modale du moyen de transport principal en France 1920-2008, estimation du modèle âge-période (en traits gras) et bornes de l'intervalle de confiance à 95% (en traits fins)**




Source : SOeS – Inrets – Insee, le volet Biographie de l'ENTD 2007-08. Traitements Ifsttar, Dest.

On note la croissance spectaculaire de la voiture conducteur depuis les années 1940, la croissance moins forte de la voiture passager et des transports collectifs, le maximum du vélo dans les années 1930 et 1940 de plus de 20%, le maximum assez plat du deux-roues motorisé des années 1940 aux années 1970 autour de 10%, et la décroissance continue de la marche, de l'absence de déplacement et du « ne sait pas ». La voiture à titre de conducteur a dépassé la marche comme premier mode dans les années 1970. Notons que la définition du mode principal sous-estime la marche et surestime les transports collectifs (en comparaison des enquêtes historiques). La voiture à titre de conducteur et le deux-roues motorisé sont aussi sous estimés dans les années 1920 et 1930, faute de survivants.

En ce qui concerne le vélo, il est intéressant de noter et surtout de quantifier le maximum historique dans les années 1930 et 1940 (sans pouvoir le dater plus précisément) à un niveau compris entre 16 et 32 % en tant que mode principal de déplacement. Orselli (2009 t1, p.134) estime que la bicyclette représentait 13 % en 1903, 27 % en 1913, 35 % en 1921, et 27% en 1934, du trafic sur l'ensemble des réseaux (hors marche à pied).

Ce maximum historique a eu lieu dans tous les pays d'Europe : une étude néerlandaise (Albert de la Bruhèze & Veraart, 1998) portant sur le développement du vélo depuis 1900 dans quatre villes néerlandaises et cinq autres villes d'Europe occidentale a montré ce maximum vers 1940 d'environ 24% à Bâle, 33% à Manchester, 53% à Copenhague, 66% à Anvers, 45% à Hanovre, 83% à Amsterdam, 95% à Enschede des déplacements mécanisés.

*Conclusion : la mémoire enrichit les données historiques*

Nous avons ainsi passé en revue l'ensemble des sources permettant de quantifier l'usage du vélo dans le passé en France. Si les sources historiques permettent de connaître assez bien le parc depuis les origines, l'usage ne peut être décrit précisément que depuis les années 1960 avec les enquêtes auprès des ménages sur la mobilité. Or, c'est justement dans ces années-là que l'usage du vélo a décliné en France au profit des modes motorisés. C'est pour mieux connaître cet usage plus ancien du vélo que nous avons fait appel à la mémoire des personnes vivantes en concevant et exploitant une enquête biographique en 2007-2008. Nous obtenons ainsi des estimations quantitatives du maximum du vélo dans les années 1930 et 1940, qui corroborent d'autres données historiques (parc, circulation), ou les récits historiques. D'un point de vue historique, il est ainsi urgent d'interroger nos concitoyens les plus âgés qui détiennent des informations sur le passé avant qu'ils ne disparaissent. Mais d'un point de vue de l'action, la connaissance du passé et des évolutions individuelles est également utile pour comprendre comment se produisent les changements de comportement, et être mieux à même de prendre les mesures pour faire face aux défis du futur, notamment ceux liés au développement durable. Et en particulier, le vélo, bien que mode du passé, pourrait aussi être un mode d'avenir.




Vélociste, Jaisalmer, Inde, 21/12/2009. Photo Francis Papon

## 5.3 Une vision mondiale du vélo

Après avoir fait le point sur les statistiques nationales sur le vélo en France, montrant sa crue dans les années 1930 et 1940, et son étiage dans les années 1990, la question qui vient aussitôt est : comment ça c'est passé ailleurs ? Il y a d'abord un défi statistique, car

les sources sont souvent rares et partielles. Mais ce qui m'a d'abord frappé est la grande variété des situations suivant les pays.

J'ai sélectionné quatre articles ou chapitres, disponibles dans le tome 2, pour décrire la place du vélo dans la mobilité mondiale. Leurs résumés sont reproduits au §5.3.1. Le premier chapitre lie le niveau de pratique du vélo au niveau de développement social du pays, en confrontant la France, l'Europe, et le reste du monde. Le deuxième chapitre lie la transition de la mobilité à la transition urbaine, et montre que c'est la raison qui pousse à la multimodalité en Europe. Le troisième article est ma dernière description de la transition de la mobilité de la marche à la voiture, qui a eu lieu ou aura lieu partout dans le monde. Le quatrième article replace la motorisation de la mobilité dans les enjeux du développement durable invoqués en Occident, mais auxquels se heurteront les économies émergentes d'Asie.

Le §5.3.2 reprend une fiche de synthèse qui expose plus en détail ce qu'est la transition de la mobilité, et notamment ses quatre modèles observés dans le monde, dont le modèle chinois qui inclut une phase transitoire dominée par le vélo.

Le §5.3.3 est un article qui s'interroge plus particulièrement sur le rôle que pourra jouer la bicyclette dans cette évolution de la mobilité dans le monde, et en fait, ce rôle se joue principalement en Chine.

## 5.3.1 Vélo de transition ou vélo d'avenir

La pratique du vélo est très contrastée suivant les villes, les pays et les continents. Je montre le lien entre cette pratique et le développement social.

### *Mûrissement social et pratique de la bicyclette*

(Papon, 2002E2, voir tome 2 ; une version en espagnol est également disponible : Papon, 2009E)

En France, la pratique de la bicyclette oppose deux catégories de cyclistes : ceux qui s'adonnent exclusivement à une pratique sportive ou de loisirs et ceux qui ont une pratique utilitaire parce qu'ils n'ont pas accès à l'automobile, à savoir surtout les mineurs et les personnes âgées sans permis. Une troisième catégorie de cyclistes utilitaires par choix tend à se développer à partir de motivations économiques, écologiques, sanitaires et pratiques.

Cette troisième catégorie est très importante dans les pays rhénans alors qu'elle est embryonnaire dans les pays latins qui pourtant ont une grande culture du sport cycliste et un meilleur climat. Des variations importantes d'usage de la bicyclette s'observent non seulement entre les pays, mais aussi à l'intérieur d'un même pays. Le relief, l'urbanisme et la densité de population peuvent avoir une influence. L'histoire de la reconstruction, et les politiques urbaines mises en œuvre, ont eu un impact important. On peut penser que l'usage du vélo suit un cycle lié au niveau de maturité social : après l'éradication des bicyclettes par les véhicules à moteur, une prise de conscience des valeurs urbaines conduit à leur redonner leur place.

Dans le reste du monde, l'approche de la bicyclette comme moyen de transport est très contrastée. Aux Etats-Unis, elle n'est pratiquée que par quelques adeptes exceptionnels et sous prétexte d'entraînement sportif. Au contraire au Japon, le sport cycliste sur route est quasi-inconnu, et la bicyclette est seulement un moyen de transport local très répandu. En Chine, elle représente la moitié de la mobilité nationale, mais est menacée d'être évincée par le développement rapide des véhicules à moteur, à deux ou quatre roues, comme cela a déjà été le cas dans la plupart des pays d'Asie du Sud-Est.

Pour étudier de manière plus générale l'évolution de la mobilité dans les différentes sociétés, il est utile de faire appel à la notion de transition, faisant passer d'un état

antérieur à un état nouveau. Et la transition de la mobilité est liée à d'autres transitions majeures.

*Perspective de la mobilité urbaine : après la transition vers l'automobile sur le modèle américain, l'Europe cherche un nouvel équilibre plus multimodal*

(Papon, 2003E2, voir tome 2)

Le vingtième siècle a été un siècle de transition pour l'humanité. En fait, de multiples transitions ont eu lieu. La transition démographique est bien connue : on est passé d'une espérance de vie basse à une espérance de vie élevée ; la mortalité a d'abord diminué, entraînant une croissance de la population, puis la natalité a suivi, pour retrouver un équilibre de la population à un effectif accru. La transition économique s'observe aussi facilement : on passe d'une économie essentiellement agricole à une économie à dominante tertiaire, en passant par une phase d'industrialisation et de croissance de la productivité. La transition urbaine a accompagné la transition économique : au cours de la phase d'industrialisation, l'exode rural a accru la population des villes ; puis certaines des plus grandes villes ont concentré plus d'activités, au cours de la métropolisation ; enfin les villes se sont desserrées, et leurs limites géographiques se sont étendues. Ainsi, c'est toute une région autour des grandes villes qui est devenue une seule aire de vie. Cette transition urbaine a été rendue possible par " la mobilité facilitée ", comme le décrit Marc Wiel (1999). En effet, et c'est de cette dernière transition dont je voudrais vous parler ici, la transition locomotrice a permis de passer d'une mobilité jadis presque entièrement à pied à une mobilité presque entièrement en voiture. Cette transition de la mobilité urbaine est un cas particulier de la " *transportisation* " que décrit Rong Chaohe (2001), et comprend quatre phases : la situation initiale de ville piétonne, le développement de divers moyens de transport, la motorisation de masse, et la situation finale à la recherche d'un nouvel équilibre plus durable. Nous montrerons aussi que l'intermodalité, c'est-à-dire le changement de mode de transport au cours du déplacement, est devenu le cœur de la problématique moderne de la mobilité urbaine.

La transition de la mobilité, c'est-à-dire le passage de la marche à la voiture comme mode dominant, peut être quantifiée, ce qui fait apparaître quatre modèles.

*Transition de la mobilité : de la marche à la voiture*

(Papon, 2004C2, voir tome 2)

Le but de ce papier est d'esquisser un panorama de la mobilité des personnes, à la fois à travers le monde et à travers les époques, pour mieux comprendre les changements majeurs qui se produisent aujourd'hui. Nous exploitons les statistiques et prévisions existantes pour les modes motorisés. Pour les modes non motorisés, nous avons construit des estimations spécifiques que nous avons croisées avec les rares données disponibles, y compris le parc de véhicules, le cheptel, les enquêtes sur les déplacements, et les valeurs probables de ratios comme le budget temps total de déplacement par personne et par jour. De telles estimations ont été faites pour les époques historiques, et jusqu'à 2050. Une transition majeure dans la deuxième moitié du XXème siècle peut être observée : autrefois principalement à pied, la mobilité est aujourd'hui surtout assurée par la voiture. Mais cette transition s'est produite ou se produira à des dates différentes dans les différentes régions du monde, et avec des étapes intermédiaires variant suivant les pays. Quatre modèles peuvent être distingués. Cette évolution de la mobilité est liée à celle des villes.

Les points où se trouvent les pays sur leurs modèles de transition de la mobilité conditionnent leurs perspectives de contribution à la réponse aux enjeux planétaires de développement durable.

*Reports modaux croisés entre contraintes climatiques, incantations occidentales, et rêves asiatiques*

(Papon, 2009J1, voir tome 2)

La préservation du climat et l'épuisement des ressources pétrolières conduisent tous les acteurs à promouvoir un système de transport ayant recours à des modes plus respectueux de l'environnement. Mais tandis que les masses asiatiques aspirent à la mobilité automobile et que les constructeurs lorgnent sur ces marchés, que peut-on dire au niveau mondial du potentiel prospectif de l'évolution du paysage modal ?

Extrait de la conclusion :

« Si l'avance des pays occidentaux en matière de mobilité automobile est rattrapée à grandes enjambées par la Chine, les autres pays tendent tous, à leur rythme, à suivre la même direction. Il y a toutefois des différences importantes entre les pays. L'Amérique Latine, motorisée depuis les années 1970, voit sa mobilité stagner, malgré des expériences de bus en site propre (BRT) souvent cités. L'Afrique sub-saharienne, en attente d'une motorisation qui progresse lentement, et devant des transports publics soumis à des cycles d'effondrement financier, voit une grande partie de ses besoins assurés par des services artisanaux. L'Inde, dont l'air est déjà vicié par les voitures d'une minorité, a du mal à assurer des transports décents à la majorité de sa population. Et l'on voit bien dans les pays d'Asie du Sud-Est trop rapidement motorisés combien il est difficile de mettre en place après coup des transports publics performants. Des transports publics performants qui ont été délaissés après la transition économique en Russie et son explosion de la motorisation. »

« Finalement, ce n'est que dans les pays riches que l'on peut se permettre de rééquilibrer les modes : Séoul par exemple a démantelé une autoroute pour restaurer une rivière, et rétrécit ses artères pour aménager des voies bus et des pistes cyclables. Mais est-on vraiment obligé de passer par une phase énergivore et polluante avant de prétendre à une mobilité durable ? Car si les pays développés ont bien du mal à infléchir leur consommation énergétique et leurs émissions de gaz à effet de serre, les mesures de report modal annoncées ne leur faisant gagner, lentement et avec réticences, que quelques pourcents, dans le même temps les pays émergents ajoutent goulûment une contribution comparable au total mondial actuel. Autrement dit, pendant que les uns essaient d'apaiser l'incendie qui de leur faute ravage la maison Terre avec des verres d'eau, les autres y déversent de l'huile à pleins seaux. »

### 5.3.2 La transition de la mobilité : de la marche à la voiture

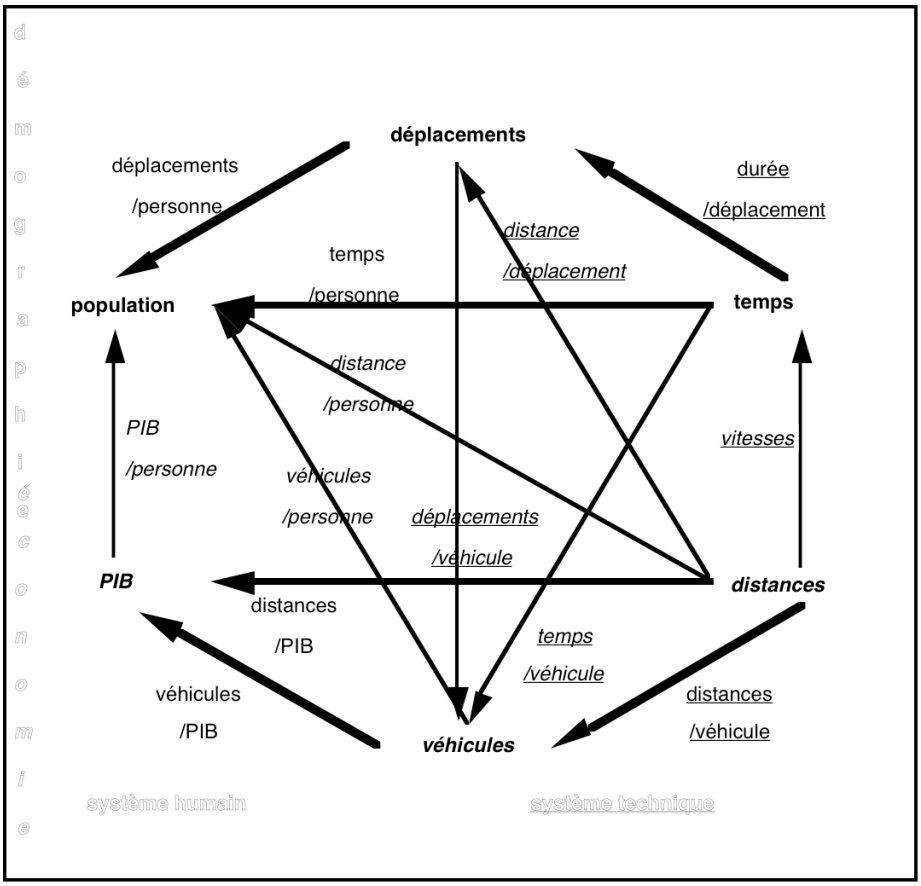
(Papon, 2004P8 d'après Papon, 2004C2, voir tome 2, 2003E2, voir tome 2)

Le monde a connu au cours du vingtième siècle une formidable transition de la mobilité des personnes, jadis essentiellement réalisée à pied, et aujourd'hui essentiellement assurée par la voiture particulière. Dans certaines régions, le chemin de fer, le bus, ou le vélo, ont joué un rôle de relais. Cette transition de la mobilité a transformé les villes.

*Les variables de la mobilité*

La mobilité des personnes est mesurée par quatre variables (figure 12). Deux de ces variables sont à peu près proportionnelles à la population : le nombre de déplacements et le temps passé à se déplacer. Les deux autres sont à peu près proportionnelles à la richesse : le nombre de véhicules et la distance parcourue. L'accroissement de la richesse engendre une croissance de la motorisation, et une modification de la structure modale de la mobilité au profit des modes les plus rapides : on ne se déplace pas plus souvent ni plus longtemps, mais plus vite et plus loin.

**Figure 12. Hexagramme des variables de la mobilité**




En gras : variables "démographiques" de volume ; en gras italique : variables "économiques" de volume ; en standard : ratios "homothétiques" des variables de volume à la population ou au PIB ; en souligné : ratios "homothétiques" entre variables de volume de la mobilité ; en italique : ratios des variables de volume "économiques" à la population ; en italique souligné : ratios "hétérothétiques" entre variables de volume de la mobilité.

### *Quatre modèles de transition*

Il en résulte que la structure par mode des déplacements et des voyageurs-kilomètres aujourd'hui est très fortement variable selon les régions du monde, car leurs niveaux de développement sont très inégaux. En analysant l'évolution de la mobilité dans ces différentes régions, on observe qu'autour de la deuxième moitié du vingtième siècle a eu lieu une transition majeure dans ce domaine : la mobilité jadis essentiellement à pied a laissé place à une mobilité maintenant essentiellement en voiture (figure 13). Mais cette transition s'est opérée ou s'opèrera à des dates et avec des phases intermédiaires variables selon les pays. On peut distinguer quatre modèles (figure 14). Le premier modèle est celui des États-Unis, où cette transition vers la voiture s'est opérée directement dans les années 1920[40], modèle qu'a suivi l'Europe occidentale et que suivra sans doute l'Afrique. Le deuxième modèle, observé par le Japon et l'ex-Urss, a permis un développement du chemin de fer puis des transports collectifs routiers, avant que la voiture n'accède à la première place. Dans le troisième modèle, comme en Amérique latine et en Asie du Sud, c'est l'autobus qui assure le relais entre la marche et la voiture. Enfin dans le quatrième modèle que connait la Chine, la bicyclette actuellement en tête laissera place à l'autobus puis à la voiture.

[40] Ce qui signifie qu'en termes de voyageurs-kilomètres, la voiture a succédé à la marche comme premier mode. Bien sûr d'autres modes, comme le tramway, ont joué un rôle au début du XXe siècle, mais sans jamais prendre la première place.

**Figure 13. Evolution de la mobilité par mode dans le monde (en km/jour/personne)**

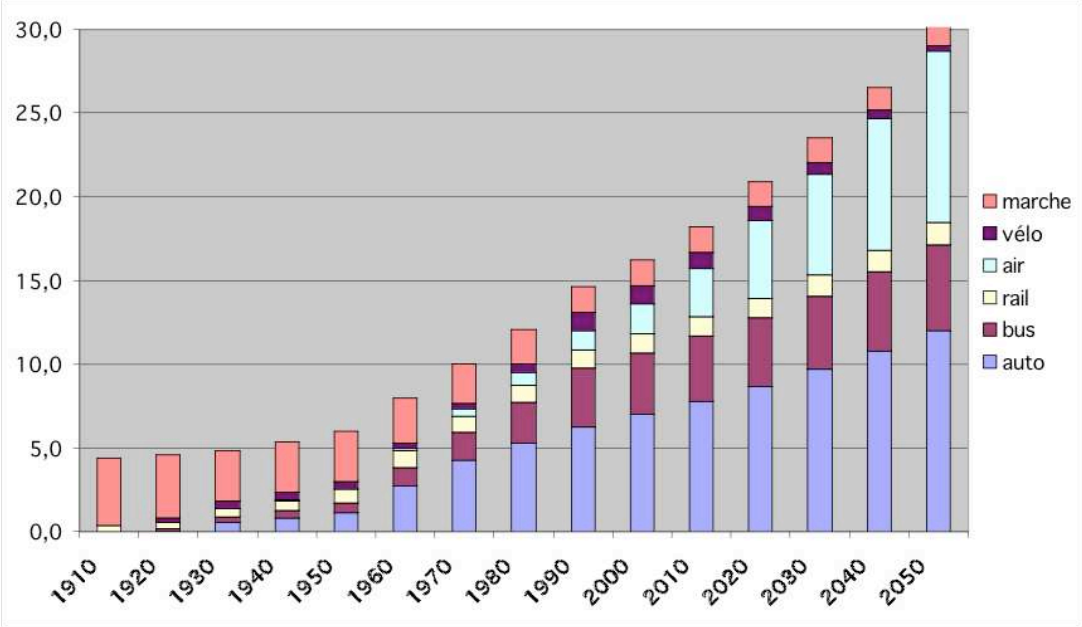
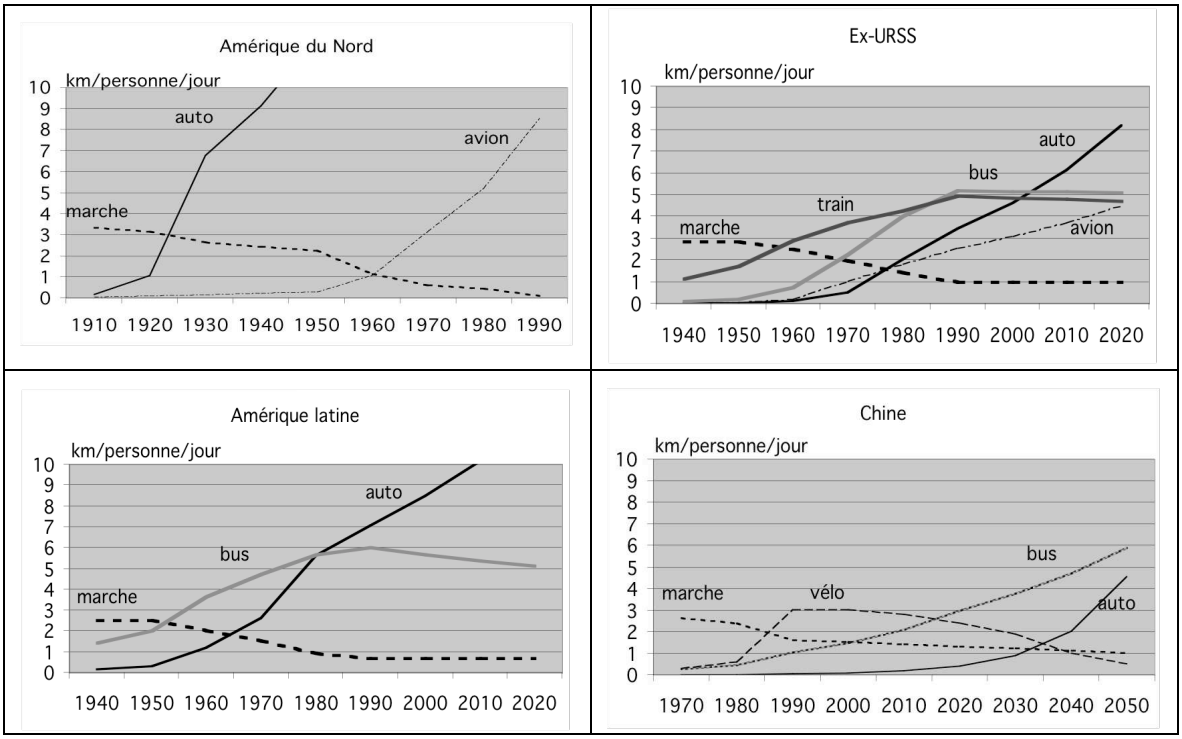


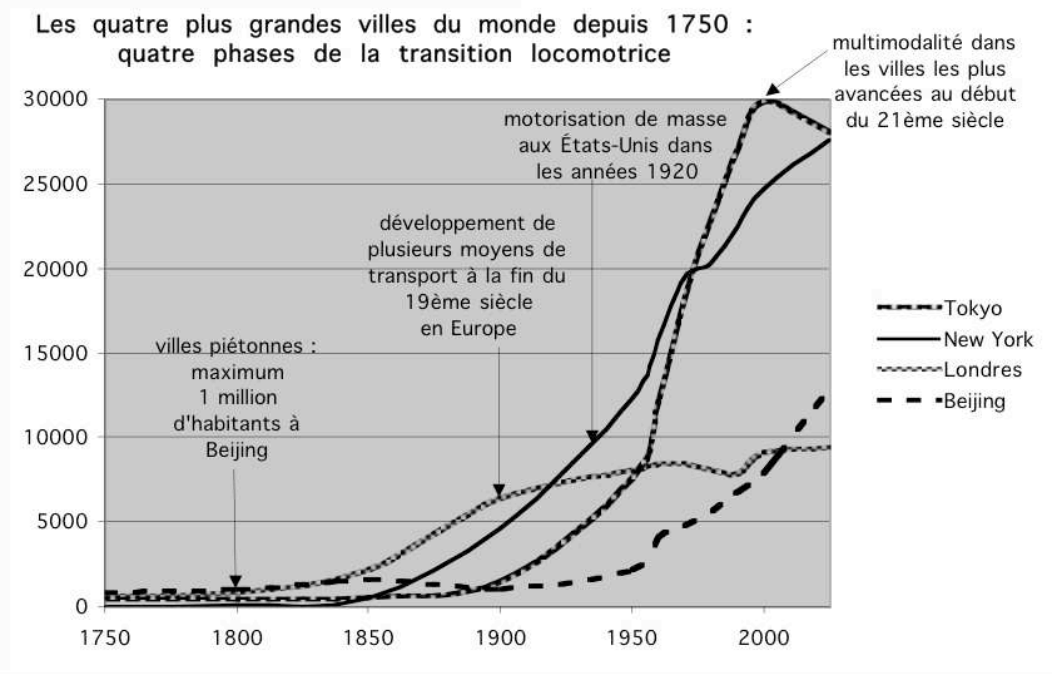

**Figure 14. Quatre modèles de la transition de la mobilité de la marche vers la voiture**




*La transition urbaine*

Cette évolution de la mobilité est fortement liée à celle des villes (figure 15). La croissance de l'urbanisation a amené la population à vivre majoritairement dans les villes qui se sont agrandies. La ville historique était essentiellement piétonne. Au début de la transition, une multiplicité de moyens de transport a accompagné la croissance de la ville. Puis le développement de la motorisation de masse a assuré la suprématie de la voiture en accroissant les distances parcourues, en étalant la ville dans l'espace. Les contraintes spatiales, sociales, environnementales de l'automobile conduisent maintenant à rechercher un équilibre avec les transports en commun et avec la bicyclette.

**Figure 15. Les quatre phases de la transition de la mobilité vues à travers le développement des métropoles (population en milliers d'habitants)**




### 5.3.3 Évolution de la mobilité dans le monde : quelle place pour la bicyclette ?

(Papon, 2001J)

En 1990, les habitants de la planète consacraient environ une heure par jour à se déplacer, en parcourant en moyenne quinze kilomètres. Quinze kilomètres en une heure, c'est justement la vitesse du vélo. Le vélo aurait donc pu à lui seul assurer la totalité de la mobilité mondiale. Or, ce n'est pas le cas, car cette mobilité est très mal répartie : les Nord-Américains parcouraient 62 kilomètres par jour, dont 50 en voiture et 9 en avion, tandis que les Africains, les Indiens ou les Chinois se contentaient de moins de 8 kilomètres par jour, dont 2 à pied.

Ainsi, au niveau mondial le vélo n'assure que 1,1 kilomètre par personne et par jour, soit 7% des distances parcourues, ce qui le classe au quatrième rang des moyens de transport, après la voiture, l'autobus, et la marche, et ex-aequo avec le train et l'avion. En termes de nombre de trajets effectués, la marche passe en tête, mais le vélo reste quatrième avec 11% des déplacements. Cette mobilité à vélo est extrêmement variable à travers le monde : la distance moyenne parcourue quotidiennement à vélo va de 80 mètres pour un Nord-Américain à 3 kilomètres pour un Chinois. L'Asie de l'Est continentale représente ainsi 65% du total mondial du kilométrage à vélo.

On retrouve cette variabilité à l'intérieur de chaque continent. Ainsi, dans l'Union Européenne, la pratique du vélo oscille de 24 kilomètres par personne et par an en Espagne (niveau comparable aux États-Unis) à environ 1000 kilomètres aux Pays-Bas et au Danemark (niveau comparable à la Chine).

Ces différences se retrouvent encore à l'intérieur de chaque pays, entre les différentes villes. En Chine, on note le plus grand écart entre Zhipo où 76% des déplacements sont faits à vélo, et Chongqing où il n'y a pas de vélo à cause d'un relief escarpé et de nombreux escaliers. Même aux États-Unis peu cyclistes en moyenne, on enregistre 22% de déplacements à vélo dans la ville universitaire de Davis. En France, Paris ou Marseille contrastent avec Avignon ou Strasbourg (tableau 32).

**Tableau 32. Part du vélo dans les déplacements tous modes dans quelques villes**

| Ville | Pays | Année | Part modale du vélo (%) |
|---|---|---|---|
| Zhipo | Chine | 1993 | 76 |
| Shaoxing | Chine | 1993 | 72 |
| Shengyang | Chine | 1984 | 65 |
| Pékin | Chine | 1987 | 54 |
| moyenne | Chine | 1993 | 47 |
| Hanoi | Vietnam | 1995 | 46 |
| Delft | Pays-Bas | 1994 | 41 |
| Pékin | Chine | 2000 | 40 |
| Kanpur | Inde | 1987 | 30 |
| Okayama | Japon | 1982 | 30 |
| moyenne | Pays-Bas | 1987 | 29 |
| Amsterdam | Pays-Bas | 1998 | 28 |
| Jaipur | Inde | 1986 | 27 |
| Shanghai | Chine | 1993 | 26 |
| Surabaya | Indonésie | 1984 | 25 |
| HoChiMinhVille | Vietnam | 1993 | 23 |
| Matsuyama | Japon | 1982 | 23 |
| Brême | Allemagne | 1990 | 22 |
| Davis city | USA | 1990 | 22 |
| moyenne | Japon | 1990 | 20 |
| Fribourg | Allemagne | 1991 | 20 |
| Morogoro | Tanzanie | 1994 | 20 |
| moyenne | Danemark | 1998 | 17 |
| Jakarta | Indonésie | 1984 | 17 |
| Pune | Inde | 1986 | 17 |
| Bobo Dioulasso | Burkina Faso | 1992 | 16 |
| Tokyo | Japon | 1990 | 15 |
| La Havane | Cuba | 1996 | 14 |
| moyenne | Inde | 1980-1987 | 13 |
| Casablanca | Maroc | 1976 | 12 |
| moyenne | monde | 1990 | 11 |
| moyenne | Allemagne | 1995 | 11 |
| Avignon | France | 1980 | 10,4 |
| Ouagadougou | Burkina Faso | 1992 | 10 |
| Strasbourg | France | 1997 | 6,1 |
| Perth | Australie | 1991 | 6 |
| Surabaya | Indonésie | 1990 | 5 |
| Madison city | USA | 1990 | 3,35 |
| Bordeaux | France | 1998 | 2,9 |
| moyenne | France | 1994 | 2,8 |
| Bamako | Mali | 1994 | 2 |
| Buenos Aires | Argentine | 1992 | 2 |
| Jakarta | Indonésie | 1990 | 2 |
| Kuala Lumpur | Malaisie | 1990 | 2 |
| Santiago | Chili | 1995 | 2 |
| Séoul | Corée du Sud | 1990 | 2 |
| Tel Aviv | Israël | 1987 | 2 |
| Lille | France | 1998 | 1,9 |
| San Francisco | USA | 1990 | 0,95 |
| Singapour | Singapour | 1990 | 0,7 |
| moyenne | USA | 1990 | 0,7 |
| Marseille | France | 1997 | 0,4 |
| Paris | France | 1991 | 0,4 |
| Alger | Algérie | 1990 | 0,3 |
| New York | USA | 1990 | 0,3 |
| Chongqing | Chine | 1993 | 0 |

La Chine représente à elle seule plus de 60% de l'usage du vélo dans le monde. C'est donc là que se joue l'avenir de la bicyclette. Or l'on constate que l'utilisation du vélo qui y a considérablement augmenté entre 1970 et 1995, jusqu'à atteindre près de la moitié de la mobilité urbaine, marque le pas. La production de vélos est passée de 45 millions en 1995 à 23 millions en 1998. Les ventes de bicyclettes sur le marché intérieur sont passées de 19 millions en 1996 à 9 millions en 1998. Cependant, le parc a continué à augmenter de 450 millions en 1992 à 530 millions en 2000, mais cette augmentation concerne plus les campagnes que les villes, puisque dans ces dernières l'équipement est passé de 194 vélos pour 100 ménages en 1995 à 179 en 1997. La raison de ce déclin est facile à trouver : le nombre de cyclistes tués chaque année est passé de 13000 en 1981 à 24000 en 1993, et encore plus depuis. Cette hécatombe est due à l'augmentation du parc de véhicules à moteur, passé de 3,2 millions en 1985 à 15,6 millions en 1997, sans compter les motocycles, de l'ordre de 45 millions en 2000, ni les véhicules agricoles. Ainsi, l'explosion récente des véhicules à moteur a aggravé l'insécurité routière et rendu la bicyclette moins attractive pour les classes moyennes en termes de statut.

En fait, cette situation du vélo en Chine est exemplaire de l'histoire de la pratique du vélo, qui a suivi partout le même cycle. Le vélo a connu un âge d'or avant le développement massif des véhicules à moteur. Cet âge d'or correspond en Europe occidentale à la première moitié du vingtième siècle, où le vélo a représenté jusqu'à 20% de la mobilité, cohabitant avec le chemin de fer, le tramway, l'autobus, la marche à pied… et quelques rares automobiles. Puis, dans les années 1950 et 1960, les véhicules à moteur individuels, d'abord à deux puis à quatre roues ont eu le double effet de rendre la circulation à vélo plus risquée et porteuse d'une image rétrograde, ce qui a conduit au déclin du vélo, de manière parallèle dans tous les pays d'Europe, y compris aux Pays-Bas. C'est ce déclin que l'on observe aujourd'hui en Chine, et que l'on a pu observer vers 1990 en Inde, dans les années 1980 en Indonésie (voir Jakarta et Surabaya dans le tableau 32) et dans d'autres pays émergents.

La suite du cycle est plus différenciée. Dans certains pays, le vélo a presque perdu son rôle de moyen de transport, et n'a plus subsisté qu'à l'état de jouet d'enfant ou d'article de sport. C'est le cas aux États-Unis, pionniers de la motorisation dans les années 1920, où le vélo n'est plus guère pratiqué que comme loisir sur des infrastructures spécifiques où l'on se rend en SUV (*Sport Utility Vehicle*), 4x4 ou autre camion léger. C'est d'ailleurs dans ce pays que sont apparus différentes spécialités comme le VTT (*mountain bike*) ou le BMX. Les pays latins d'Europe sont un peu dans ce cas, avec une forte tradition de sport cycliste (Giro, Tour de France, Vuelta), et le vélo est plus un spectacle qu'un objet quotidien. Les Pays-Bas sont les premiers à avoir pris conscience des limites de l'automobile, et pris sérieusement en compte le vélo comme alternative, dès 1975, après le premier choc pétrolier. Les autres pays nordiques et germaniques ont suivi le mouvement et développé de véritables politiques de transport multimodales. Cette prise de conscience ne s'est produite que vers 1995 au Royaume-Uni et en France et n'y a produit à ce jour que des résultats limités. Aux États-Unis, l'automobile est trop profondément ancrée dans les habitudes et les formes urbaines pour que la politique en faveur du vélo et de la marche comme moyens de transport initiée avec la loi ISTEA ait un effet significatif.

Au Japon, le vélo sur piste est un sport très populaire (*keirin*). Mais le vélo y est aussi devenu un moyen de déplacement très ordinaire, pour des trajets courts locaux, ou en complément d'un réseau de chemin de fer très développé, en l'absence de toute politique spécifique. Les vélos sont tenus de circuler sur les trottoirs, et le problème principal est le stationnement aux abords des gares. Cela a amené les autorités à y construire des parcs à vélos à plusieurs étages, souvent entièrement automatiques, car 19% des Tokyoïtes vont à la gare à vélo pour prendre le train (contre 44% en Hollande).

Ainsi les exemples des pays les plus avancés : Japon, Pays-Bas, Danemark montrent que le vélo peut jouer un grand rôle comme moyen de transport. Dans les pays les moins avancés, le vélo peut améliorer fortement la productivité, par exemple en libérant la femme africaine des corvées d'eau et de bois. Mais pour assurer un avenir au vélo comme moyen de transport, il faut éviter de le cantonner dans une image de jouet, de loisir, ou de spectacle, et lui accorder une vraie place dans la politique de transport. La motorisation de la Chine semble conduire à une chute inéluctable du nombre de cyclistes dans le monde. Mais si l'on retient l'hypothèse selon laquelle la moitié des ressources pétrolières utilisables a déjà été brûlée, l'âge d'or de l'automobile, fondé sur une énergie bon marché, risque d'avoir un terme prochain, et le vélo a encore de beaux jours devant lui.

# 6 Perspectives : un horizon cyclable ?

会当凌绝顶，一览众山小
*Huì dāng líng jué dǐng，yī lǎn zhòng shān xiǎo.*
Il faudra grimper jusqu'à la cime du Mont Tai, pour embrasser du regard toutes les montagnes, si petites. (Du Fu, 712–770)

## 6.1 Shanghai, modèle d'avenir ?

La Chine, où se joue l'avenir du vélo, est appelée à devenir la première puissance économique du monde, et donc à servir de modèle pour le monde entier. En introduction à ce dernier chapitre, voyons comment les recherches que j'ai menées sur ce pays, et en particulier sur la ville de Shanghai, laissent imaginer l'avenir de la mobilité.

Qui découvre aujourd'hui Shanghaï ne peut pas ne pas s'interroger sur l'évolution de notre planète et la manière dont pourront être traitées dans l'avenir des questions de société comme celles qui articulent sous nos yeux développement de l'urbanisation et évolution des pratiques de mobilité. Tout en effet semble dans cette mégapole être à la fois dilatation du temps et accélération de l'espace. Observer son évolution nous interpellait d'autant plus que nous avons noté l'importance de la pratique du vélo en Chine.

Nous emprunterons la première partie de ce chapitre à une communication (§6.1.1) ; puis nous examinerons l'évolution dans ce contexte d'un mode particulier, le deux-roues électrique (résumé au §6.1.2)

La communication suivante approfondit l'étude de cas de Shanghai, où s'exécutent les conditions institutionnelles, techniques, économiques, sociales et environnementales de la mobilité durable de demain.

### 6.1.1 Les supervoies de la supermégapole *Super Mari* (Shanghai)

(Papon, 2008C1)

Shanghai planifie et construit à marche forcée des infrastructures de transport multimodales de classe mondiale pour devenir une ville globale. Ces infrastructures se déclinent en aéroports, ports, pôles d'échange, pôles logistiques, ponts, tunnels, autoroutes, périphériques, voies principales, voies secondaires, parkings, parcs relais, Maglev, TGV, RER, métros, métros légers, trolleybus, sites propres bus, cheminements non motorisés. Dans le même temps, la population est expulsée du centre pour laisser la place à un *Central Business District* (CBD) aux rentes immobilières spéculatives, des zones d'activités spécialisées sont développées à Pudong et autour des nœuds de transport, et un tsunami de lotissements plante une forêt d'immeubles hectométriques en périphérie. Mais jusqu'où ira Shanghai, qui se veut super mégapole au cœur du très dense delta du long fleuve aux 300 millions de riverains ? En attendant, les habitants perdent leur accessibilité à pied ou à vélo et se ruent sur des transports motorisés. Malgré une planification dirigiste et experte, Shanghai évitera-t-elle l'écueil de l'asphyxie automobile et trouvera-t-elle la voie de la mobilité durable ?

#### *L'histoire de Shanghai*

Shanghai veut dire littéralement "sur la mer", car il y a plus de mille ans, son emplacement actuel se trouvait au large. Cela signifie qu'à l'échelle de l'histoire de la

Chine, Shanghai est relativement récente. Pourtant, comparée à d'autres métropoles mondiales, elle a un riche passé.

La région de l'est de la Chine a développé une importante culture maritime depuis le néolithique. A l'époque des trois royaumes, le royaume de Wu occupant l'est de la Chine, coupé de la route de la soie par le Royaume de Wei au nord, a ouvert la route maritime essentielle par la Malaisie. D'importants vestiges ont été découverts à l'ouest de la municipalité de Shanghai où était alors la ligne de côte. Dès que les terres gagnées sur la mer par les alluvions du Yangzi l'ont permis au dixième siècle, les hommes se sont installés sur le site de Shanghai. Après la prise de Kaifeng par les Mongols et l'établissement de la capitale des Song du Sud à Lin'an proche de 180 kilomètres, la région va connaître un important développement économique admiré par Marco Polo. Shanghai obtient le statut de ville du comté de Huating en 1267. Cette ville fut entourée de remparts en 1554 pour se protéger des pirates japonais.

Sous le long règne de Qianlong, Shanghai devint un port majeur. Après la guerre de l'opium qui fut la première confrontation de la Chine avec l'Occident, des concessions étrangères furent établies à Shanghai, pour un siècle (1842-1946). Leur histoire est mieux connue en Occident. Dans les années 1930, Shanghai était prospère et était la cinquième plus grande ville du monde avec 3 millions d'habitants. Cette occidentalisation débridée va conduire le Parti Communiste Chinois, pourtant fondé dans cette ville, à la tenir en retrait pendant 40 ans. Ce n'est que dans les années 1990 que des plans de développement furent établis, et ils sont fulgurants.

Le Plan d'Ensemble de Shanghai pour la période 1999-2020 définit des plans d'urbanisme, des villes nouvelles, des schémas directeurs de routes et de voies ferrées. Dans la foulée, le Livre Blanc sur les Transports Métropolitains de Shanghai (Shanghai Municipal People's Government, 2002) définit les principes de développement et d'exploitation des différents modes. Même si les schémas d'infrastructure subissent fréquemment des modifications radicales, ils sont mis en œuvre sans délai : par exemple un périphérique intermédiaire non prévu initialement a été construit en moins de trois ans.

Une importante source de données sur les transports provient des enquêtes sur les déplacements. La troisième a été menée en 2004. Enfin des données de tous ordres sont disponibles dans les annuaires statistiques chinois, aussi bien au niveau de la ville que du pays entier. Des cartes, des livres d'urbanisme, de nombreux articles scientifiques complètent la documentation sur Shanghai. Nous avons aussi recueilli des informations et des observations de terrain lors de notre mission en 2006.

Les nombreuses recherches sur Shanghai en rapport avec les transports sont de natures diverses. Certaines s'intéressent à Shanghai comme ville globale et considèrent seulement l'importance des transports internationaux, maritimes ou aériens. D'autres s'occupent sur le plan technique ou financier du développement des transports locaux qui est extrêmement rapide.

Beaucoup s'inquiètent des conséquences de ce développement, tant sur la qualité de l'air, la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre que sur les aspects sociaux et les inégalités. En particulier, la bicyclette, premier mode de déplacement à Shanghai et faisant l'objet de plans d'aménagement spécifiques avec un réseau de rues dédiées, ne se voit pas toujours traitée avec la priorité annoncée devant l'urgence d'écouler le trafic automobile.

Plusieurs thèses traitent spécifiquement de Shanghai. Citons celle de Julien Allaire (2007) s'interrogeant sur les enjeux notamment fonciers et énergétiques du développement urbain et de la motorisation. Celle de Christopher Cherry (2007) étudiant les impacts des deux roues électriques, qui prolifèrent à Shanghai, sur l'environnement, la sécurité et la mobilité. Celle de Jason Ni (2007) ayant construit une enquête

spécifique sur le terrain sur le choix de motorisation. Et celle Chaofu Yeh (2009U) sur les enjeux de l'intermodalité dans les transports urbains dans les mégapoles.

Comment le développement urbain se conjugue-t-il au développement de la mobilité dans la mégapole qu'est Shanghai, et en quoi sa réponse est-elle singulière? C'est ce que nous allons examiner en répondant à cinq questions.

*L'étalement urbain ne se doublerait-il pas d'un éclatement d'îlots métropolitains de densités variées, plutôt que d'une polycentralité plus conforme à une vision équilibrée de l'aménagement urbain et des transports ?*

Non: à Shanghai, la polycentralité est planifiée avec le plan directeur d'aménagement urbain « 1966 » qui prévoit une ville-centre régionale, neuf districts périphériques, soixante villes et six-cents quartiers. Mais cette polycentralité reste embryonnaire. Les centres secondaires se développent tout près du centre : Lujiazui centre financier reste froid de vie urbaine, Xujiahui centre commercial est plus animé.

Les centres de banlieue prévus sont encore peu actifs, voire en léthargie : l'arrivée du métro y bousculera-t-elle le rythme ? A une plus grande échelle, il y a une amorce de réseau avec les autres villes du delta du Yangzi concernant les implantations industrielles, mais aussi la concurrence portuaire. Mais on ne peut pas parler d'éclatement : peut-on le craindre à l'avenir sur la base de l'expérience d'autres mégapoles plus avancées ?

La municipalité de Shanghai occupe une surface de 6 340 km2, soit la moitié de l'Ile-de-France. Sa population officielle ayant un titre de résident permanent est de quatorze millions environ, mais sans compter les quatre millions ayant un permis temporaire de plus de six mois, ni ceux (non comptabilisés) n'ayant pas de titre de séjour : en tout la population totale aujourd'hui pourrait être de l'ordre de vingt millions. Sur cette population, seuls treize ou quatorze millions résident dans l'agglomération centrale où la population y reste concentrée sur une petite surface.

Shanghai a le statut de municipalité directement sous le contrôle du gouvernement central, c'est-à-dire ayant rang de province, mais elle est aussi une seule entité de rang régional. Elle est divisée en dix-neuf districts urbains de rang comté, donc d'environ un million d'habitants chacun soit l'équivalent d'un département français. Les districts centraux sont beaucoup plus petits et beaucoup plus denses : le centre est donc très concentré. Mais ça change très vite.

La population en hypercentre diminue tandis que des forêts de lotissements poussent en périphérie. La surface habitable par habitant augmente rapidement. Il en résulte que le territoire urbanisée croît aussi très vite : un doublement en dix ans. Mais cette croissance est encore trop rapide pour que les centres périphériques aient pris corps.

*Si les mobilités tracent les contours des nouveaux espaces de référence de la vie quotidienne, la délimitation des mégapoles ne doit-elle pas procéder de l'assemblage des réseaux multimodaux de moyens de déplacement, en partant des périmètres de tous les transports collectifs existants ?*

Habituellement les trois définitions de la ville correspondent à des périmètres emboîtés du plus petit au plus grand : la définition administrative correspond à la municipalité (qui en France est particulièrement émiettée), la définition morphologique correspond à l'agglomération (urbanisation continue), et l'espace de vie quotidienne ou des migrations alternantes correspond à la région métropolitaine (ou aire urbaine en France), et enfin l'État nation est plus ou moins grand.

A Shanghai, c'est inversé mais en rapide mutation. L'espace de vie quotidienne correspond au quartier très resserré à l'intérieur duquel se déroulent traditionnellement toutes les activités. Ces quartiers sont autant de villages dans une agglomération que

l'on connaît mal (d'ailleurs c'était ainsi à Paris autrefois). Mais ces quartiers sont mis en relation très rapidement par les réseaux de transport qui se développent, à la poursuite d'une agglomération qui croît très vite. La municipalité–province contient en plus beaucoup d'espaces qui restent ruraux. Enfin, certains auteurs définissent une mégalopolis correspondant à l'espace économique régional du delta du Yangzi.

Ainsi une recherche de Pan Haixiao *et al.* (2006) a montré que dans les quartiers traditionnels comme Luwan (l'ancienne concession française) les gens menaient leur activité dans le quartier et s'y déplaçaient essentiellement par des modes non motorisés, favorisés par une trame viaire dense. En revanche, dans les nouveaux quartiers développés en périphérie comme Kangjian où la trame viaire est plus lâche et plus orientée vers l'écoulement du trafic motorisé, les habitants sont amenés à utiliser davantage des modes motorisés, notamment le métro, pour se rendre au centre où les emplois restent concentrés.

Ce métro se développe d'abord pour desservir le centre de l'agglomération, qui ainsi se renforce. Pourtant le schéma directeur prévoyait bien un réseau à deux niveaux avec des lignes de métro courtes dans le centre et de RER longues en périphérie. Or, on n'en a construit d'abord que les sections centrales.

Mais le progrès est très rapide : en deux ans (2006-2008), la ligne 4 circulaire a été bouclée, les lignes 2 et 3 ont été prolongées et trois nouvelles lignes ont été mises en service, dont une ligne 6, légère, tangentielle à Pudong et une ligne 9, de banlieue, vers Songjiang propulsée ainsi du statut de paisible bourgade rurale à celle de cité-dortoir. L'expansion des réseaux repousse ainsi chaque jour les limites de la ville au point que ces dernières deviendraient rapidement obsolètes si on tentait de les définir à un instant t.

C'est bien à une échelle plus large qu'il faut envisager l'avenir. La région du delta regroupe plusieurs villes multi–millionnaires (dont Nankin, Hangzhou, Suzhou, Wuxi, Ningbo) sur quatre–cents kilomètres, à cheval sur les provinces du Jiangsu et du Zhejiang, débordant jusqu'au Anhui.

Le Laboratoire d'économie des transports (LET, 2006) a défini plusieurs scénarios de croissance pour Shanghai à l'horizon 2050, les plus extrêmes limitant la population à 18 millions en cas de rééquilibrage à l'ouest ou la laissant progresser jusqu'à 42 millions en cas de renforcement tendanciel de l'est et de la primatie urbaine.

Suivant les hypothèses prises pour la densité de population de l'agglomération, allant de celle actuelle de Los Angeles à celle actuelle de Séoul, la surface occupée par l'agglomération de Shanghai en 2050 varierait entre celles des agglomérations actuelles de Paris et de New York, et pourrait être contenue dans le territoire de la municipalité, ou non (New York fait trois fois la municipalité de Shanghai). Dans ce cas, il faut bien envisager que Shanghai absorberait les villes voisines, en premier Suzhou à 80 kilomètres de la Place du Peuple, et le LET a alors étudié une autre option, à partir d'hypothèses de parts prises par Shanghai dans la mégalopolis, pouvant aller jusqu'à une agglomération inédite de 78 millions d'habitants, occupant dans l'hypothèse de plus faible densité une superficie supérieure à celle de la Belgique.

### *Le déplacement motorisé ne devient-il pas le principe structurant, aux dépens des autres modes qui, sans disparaître pour autant des pratiques quotidiennes, perdent leur signification dans des agglomérations gigantesques ?*

La marche a structuré les villes et les métropoles historiques, mais en en limitant la population à environ deux millions d'habitants (Pékin en 1800). La bicyclette n'a jamais été seule un mode structurant, sauf dans les villes chinoises dans les décennies 1980 et 1990 où elle pouvait représenter jusqu'à 72% des déplacements. La voiture, depuis sa diffusion de masse aux États-Unis dans les années 1920, et en Europe de l'ouest dans

les années 1950, représente maintenant la majeure part de la mobilité dans les pays développés, et conditionne fortement le développement des villes. Les transports collectifs, notamment en site propre, n'ont un rôle structurant que dans les plus grandes villes, particulièrement dans les pays de l'ancien bloc soviétique ou dans un pays dense comme le Japon.

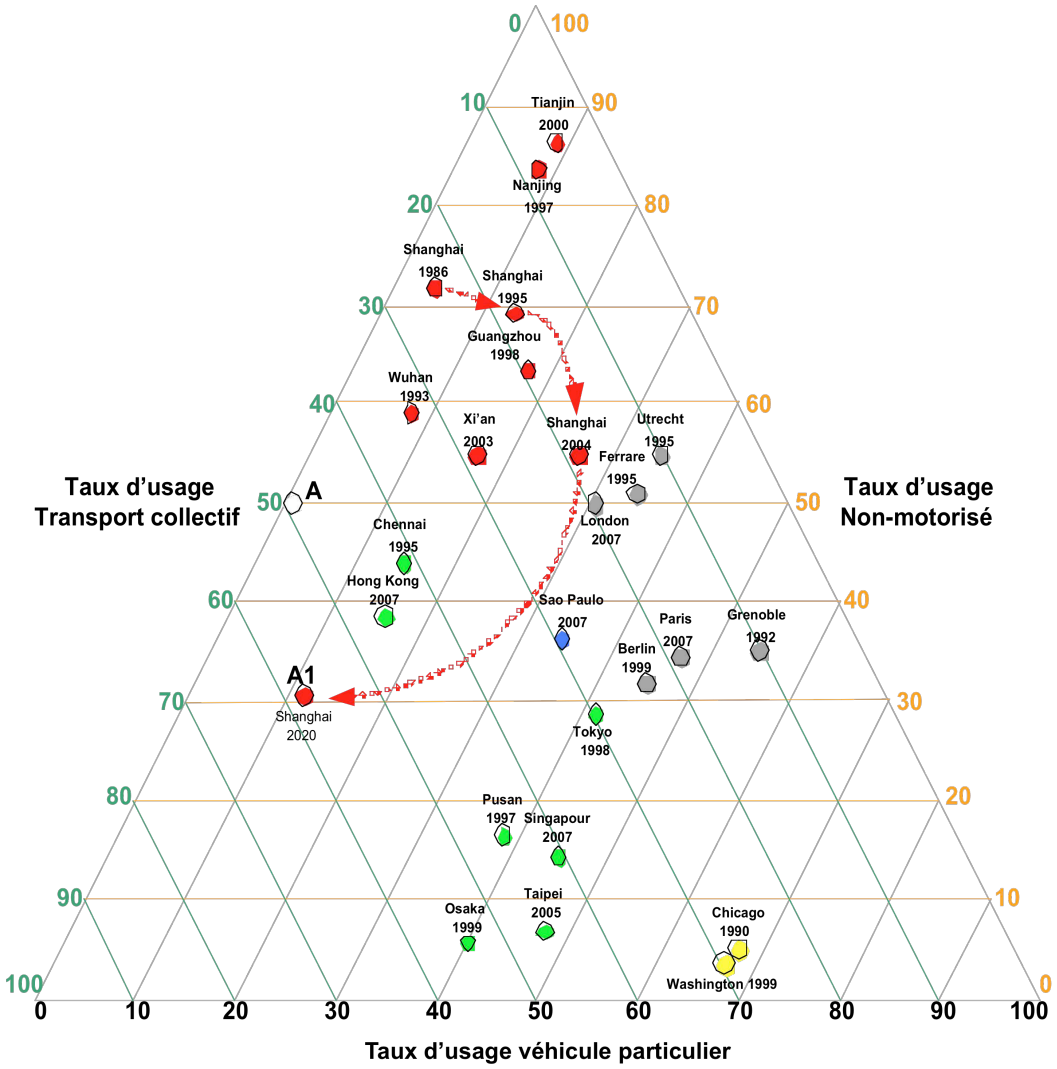
La spécificité des mégapoles fait sans doute qu'un seul mode n'est pas en mesure d'assurer la mobilité : congestion engluant la voiture, périphéries tentaculaires vaines à desservir par les transports publics, distances incompatibles avec les modes non motorisés : seule une combinaison de modes peut y parvenir, avec un rôle inévitable des modes collectifs lourds pour assurer le transport massif à travers l'espace mégapolitain, et une place critique occupée par les conditions d'intermodalité (de changement de mode).

Shanghai illustre parfaitement ce paradigme : la répartition modale est équilibrée à parts presque égales entre marche, vélo, modes motorisés individuels et transports collectifs. Donc aucun mode seul n'est structurant, mais à l'avenir se pose la question du conflit entre des transports collectifs qui structurent les plans et le véhicule particulier qui explose. Ainsi, si en 1995, la bicyclette a gagné des parts de marché sur les bus dont les tarifs ont alors été augmentés, entre 1995 et 2004, la baisse de part de marché du vélo s'est faite entièrement au profit des modes motorisés individuels, malgré l'interdiction de la moto en centre-ville, des droits d'immatriculation des voitures considérables, et le développement du métro.

Pourtant, quand on ouvre une nouvelle ligne de métro, par exemple la ligne 1, le métro assure la majeure part des déplacements le long du corridor concerné, en faisant baisser les autres modes. Le problème est que le réseau de métro n'est pas encore suffisamment dense pour desservir tous les trajets.

À l'avenir, l'ambition de la ville est que les transports publics assurent 60% des déplacements en 2020. Mais sera-t-il possible de revenir en arrière sur la part prise par les modes motorisés individuels qui représentaient déjà plus de 25% en 2004, et qui devraient être réduits à 12% selon le plan métropolitain ? Sur le graphique triangulaire (figure 16), la part des transports collectifs se lit en oblique descendante sur l'échelle verte à gauche, la part des véhicules particuliers se lit en oblique montante sur l'échelle grise en bas, et la part des modes non motorisés se lit horizontalement sur l'échelle jaune à droite.

**Figure 16. Évolution et objectifs de la répartition modale à Shanghai, comparée à d'autres villes**




Source : Yeh & Papon, 2008J

*Quelles que soient les évolutions des conditions de l'offre dans ses différents composants modaux, la mobilité motorisée ne tend-elle pas à stagner, voire à décroître ?*

Selon un cycle de développement que j'ai appelé la transition locomotrice, toutes les villes connaissent quatre phases dans l'histoire de leur mobilité :

- une première phase où la mobilité est essentiellement piétonne,

- une phase où plusieurs modes se développent simultanément, en étendant la ville,

- une phase où le véhicule particulier se diffuse massivement dans la population et domine, avec son cortège de problèmes,

- une phase où l'on recherche un meilleur équilibre entre tous les modes.

Les mégapoles poussant davantage à bout les systèmes de transport, on y arrive plus vite à la saturation des réseaux et des budgets-temps : toute agrégation nouvelle de population ne pourrait alors se faire qu'au détriment de la mobilité moyenne.

En Chine, malgré des travaux routiers pharaoniques mais qui demeurent très en retrait du fantastique développement du parc automobile, le débit des artères (en voyageurs) a forcément diminué quand on a remplacé les vélos par les voitures. Mais les voyageurs-

kilomètres globalement ont explosé. En effet, dans années 1990, la Chine était essentiellement le pays de l'immobilité : le *danwei* (unité de travail) assurait sur place logement et loisirs aux actifs, le *hukou* imposait un permis pour changer de ville, ce qui fait que le Chinois moyen ne faisait alors qu'environ 7 km par jour, moins qu'un Africain.

Mais l'extension des villes, la dissociation de l'emploi et du logement, le développement des réseaux de transport, ont amené la croissance des distances, qui a atteint +30% par an à Shanghai. Parallèlement, les budgets-temps qui étaient faibles selon les standards de Zahavi ont aussi sûrement augmenté. Le nombre de déplacements n'a pas nécessairement beaucoup changé, du fait de la contrainte imposée par les déplacements plus longs.

On voit ainsi que le développement du métro a été très rapide, mais est encore insuffisant pour écorner la suprématie du bus, et le taxi est aussi un mode de transport public qui se développe plus vite que le métro.

Shanghai a suivi un modèle sobre de motorisation, avec des mises aux enchères d'un quota d'immatriculations, ce qui fait que malgré son niveau de vie le plus élevé de Chine, sa motorisation reste très en deçà d'autres villes notamment Pékin.

A Shanghai, chose relativement rare, la construction des routes a précédé le développement du parc automobile, ce qui a permis que jusqu'au début des années 2000, la circulation soit restée relativement fluide sur le spectaculaire réseau de voies rapides en viaducs qui a été construit. Mais pas pour longtemps.

Au total, si on prend un indice 1 en 1986, la mobilité n'avait quasiment pas changé en 1995. En revanche, en 2004, la population avait atteint l'indice 1,39 (Chen *et al.*, 2007b, table 5), le nombre de déplacements par personne et par jour l'indice 1,32, la portée moyenne d'un déplacement l'indice 1,58, et les trois cumulés font que la distance totale parcourue en voyageurs-kilomètres a bondi d'un facteur 2,86. On est donc encore loin de la saturation.

### *La différenciation sociale et spatiale accrue n'aboutit-elle pas à une polarisation dans la fréquentation et l'usage des différents modes de transport, voire à certaines immobilités ?*

Rien n'est plus égalitaire que la marche à pied. Mais même dans les sociétés anciennes, les privilégiés, qui restaient très minoritaires, se déplaçaient en chaise à porteur ou en carrosse. Le vélo était aussi égalitaire dans les villes chinoises d'avant 1990, même si les apparatchiks se déplaçaient en limousine noire. Mais dans les sociétés modernes, et dans la Chine d'aujourd'hui, l'apparition d'une classe moyenne étoffée utilisant des moyens motorisés saturant les voiries, y en ont exclu de fait les modes non motorisés (ou de droit, voir photo sur un grand axe de Shanghai). Ils ont aussi créé une hiérarchie dans les modes de transport, déclassant le vélo au rang de véhicule du pauvre.

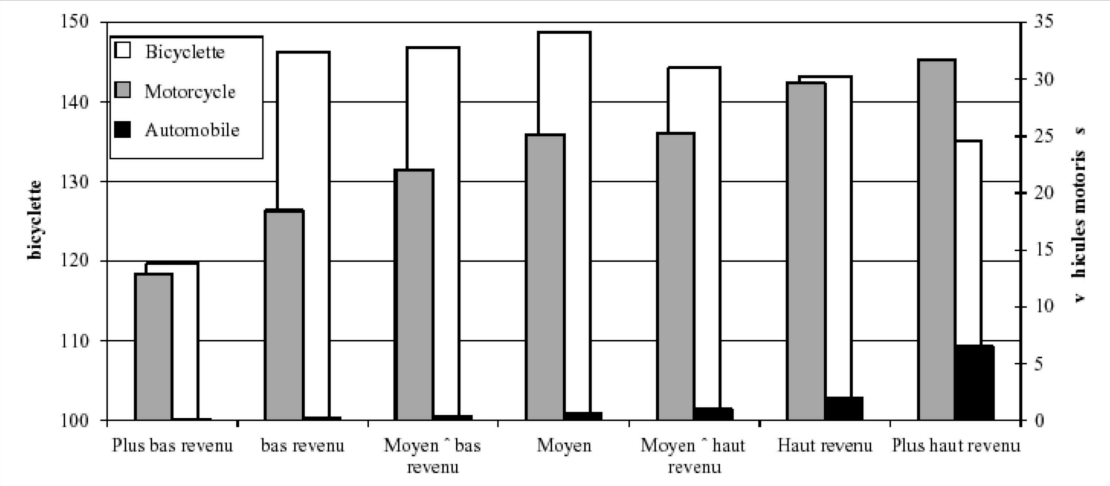



Shanghai, Nanjingxilu, 08/2006
Photo Francis Papon

Cette hiérarchie suit celle des coûts de déplacement. Selon des estimations d'Arnaud Gbahoué (2006U), tout en bas se trouvent la marche et le vélo, quasiment gratuits. Puis le bus a vocation selon les autorités à remplacer le vélo, mais il a du mal car il est moins pratique. Le métro est un moyen de transport en commun plus cher, mais plus apprécié. Ensuite, les deux-roues motorisés font jeu égal avec le taxi, en termes de coût, mais ne peuvent être utilisés qu'en périphérie (il y a aussi des motos-taxis, qui recrutent aux sorties de métro). Enfin, l'automobile particulière est d'un ordre de grandeur au-dessus en termes de coût de revient, et est encore réservée aux *happy few*.

Ainsi, comme le montre le graphique (figure 17), la bicyclette est également présente chez tous les ménages chinois, quels que soient leurs revenus (sauf les plus pauvres). La disposition d'une moto croît continûment avec le revenu. La voiture est réservée au premier décile des édiles.

**Figure 17. Possession de véhicules par ménage urbain en Chine en 2003**




Source : Allaire, 2007 d'après *China Statistical Yearbook*

L'évolution des modes de vie fait également que l'on se déplace moins pour des motifs obligés (travail et études), qui demeurent pourtant largement dominants, et davantage pour le shopping ou les loisirs. Mais naturellement, cette évolution des modes de vie ne concerne pas l'ensemble de la population : les plus riches ont une mobilité améliorée et diversifiée, les classes moyennes profitent du développement des transports mais avec une vie de plus en plus stressante, les plus pauvres voient leur mobilité péjorée, ainsi les *mingong*, travailleurs temporaires, sont logés sur les chantiers et n'ont pas accès à la ville.

### 6.1.2 Le potentiel des deux-roues électriques

Nous terminons par le résumé d'un article sélectionné dans le tome 2.

*Conditions du développement des deux-roues électriques dans la ville de Shanghai*

(Yeh *et al*., 20010B1, voir tome 2)

Cet article explore les questions liées au développement potentiel des deux-roues électriques dans la ville de Shanghai dans une perspective de développement urbain durable. Dans un contexte de passage très rapide des modes traditionnels, marche et vélo, aux modes motorisés individuels, les deux-roues électriques pourraient constituer une alternative plus respectueuse de l'environnement. L'examen des caractéristiques techniques des différents deux-roues, de leurs possibilités en termes de vitesse moyenne et de portée, ainsi que du profil de leurs usagers, montre que, pour les déplacements quotidiens d'une grande partie de la population, l'usage des deux-roues électriques est pertinent. Un bilan comparatif portant sur cinq critères — coût, vitesse moyenne, sécurité routière, efficacité énergétique et impact environnemental — met en évidence une supériorité globale des deux-roues électriques, ce qui plaide pour une politique en faveur de ce mode. Compte tenu du bouleversement des répartitions modales en une décennie, il y aurait urgence à infléchir la tendance, mais il semble nécessaire de traduire au préalable dans la réglementation les spécificités de ce mode, à la fois pour mieux profiter de ses avancées techniques et pour limiter l'accidentologie associée. Des recommandations en ce sens sont données en fin d'article.

## 6.2 Des enjeux politiques du vélo

L'exemple de Shanghai met en évidence le fait que l'intermodalité devient une notion-clé pour penser une alternative crédible au tout automobile. Nous l'aborderons ici à travers trois questions : l'articulation transports collectifs – vélo (à travers différents travaux que j'ai conduits) ; la sécurité des cyclistes ; le concept d'éco-mobilité.

Le premier aspect traité (§6.2.1) concerne l'articulation du vélo avec les transports collectifs. Car, si comme nous l'avons vu dans la section 5.1, la maîtrise de l'automobile ou la promotion des transports collectifs, ne peuvent seuls suffire à assurer une mobilité durable, il serait tout à fait présomptueux de penser que le vélo seul pourrait y parvenir. Mais son association avec les transports collectifs peut compenser sa limitation en termes de portée. Dans ce §6.2.1, nous lisons d'abord le résumé d'un article sélectionné dans le tome 2 et montrant l'intérêt de cette combinaison, puis un extrait de ma contribution au projet Port-Vert sur l'intermodalité transports collectifs–vélo avec des données françaises, et enfin le résumé d'une autre communication sélectionnée dans le tome 2 et étudiant plus spécifiquement les préférences des cyclistes pour les dispositifs de stationnement des vélos en gare, ce qui est un élément clé de l'intermodalité transports collectifs–vélo.

Le deuxième aspect traité ne concerne qu'un toute petite partie de la problématique de la sécurité du cycliste, à savoir le port du casque (§6.2.2), mais qui fait l'objet d'un chaud débat entre les promoteurs de l'obligation et les partisans de la liberté de choix. Après un état de l'art, j'expose ma contribution sur les données françaises et mes conclusions.

Le troisième aspect (§6.2.3) définit l'écomobilité, qui est replacée dans un cadre plus général dans un article, montrant notamment les enjeux auxquels elle répond.

### 6.2.1 L'articulation avec les transports collectifs

*Dans quelles conditions un modèle de mobilité alternatif à l'automobile individuelle est-il possible?*

(Soulas & Papon, 2003J2, voir tome 2)

La voiture particulière assure aujourd'hui les trois-quarts des kilomètres parcourus en France (et 43% dans le monde) et semble être devenue le moyen incontournable de notre mobilité. Mais peut-on imaginer une autre organisation de nos déplacements ? Trouve-t-on des lieux où l'on peut s'en passer ? A défaut, peut-on développer un modèle alternatif, avec quelles solutions, transports publics, modes non motorisés, intermodalité ? Et comment y parvenir ? Quelles sont les conditions nécessaires ?

| | |
|---|---|
|  | Matériel ferroviaire acceptant les vélos, Bad Krozingen, Allemagne, 4/10/2009.<br><br>Photo Francis Papon |
|  | Aménagement pour vélos dans une rame de métro, Incheon, Corée du Sud, 09/09/2011.<br><br>Photo Francis Papon |

*L'intermodalité transports collectifs–vélo en France*

(Extrait de Papon & Febvre, 2010M2)

En ce qui concerne l'intermodalité, sur 10 000 déplacements locaux en France métropolitaine par les personnes de six ans et plus, 227 seulement utilisent deux moyens de transport ou plus (hors marche), dont 122 enchaînent deux moyens de transport collectif ou plus, 77 combinent au moins un moyen de transport collectif et au moins un véhicule à moteur individuel, 15 font succéder deux véhicules à moteur ou plus, 8 associent au moins un véhicule à moteur et au moins un vélo, 4 joignent au moins un moyen de transport collectif et au moins un vélo, et 1 prend deux vélos ou plus. Donc l'intermodalité voiture-vélo est la forme la plus répandue d'intermodalité concernant le vélo. Cette forme d'intermodalité concerne essentiellement des déplacements pour faire du sport, surtout le dimanche, par des élèves et étudiants.

Plus précisément, les fréquences des diverses combinaisons de moyens de transport regroupées sont données dans le tableau 33.

**Tableau 33. Fréquence de différentes combinaisons de moyens de transport dans les déplacements locaux en France métropolitaine, personnes de 6 ans et plus.**

| Mode intermodal | Déplacements par semaine | Pourcentage |
|---|---|---|
| A pied entièrement | 256 850 000 | 21,70 |
| Un vélo | 32 570 000 | 2,75 |
| Deux vélos ou plus | 90 000 | 0,01 |
| Un cyclomoteur | 9 270 000 | 0,78 |
| Une moto | 9 620 000 | 0,81 |
| Une voiture à titre de conducteur | 617 710 000 | 52,19 |
| Une voiture à titre de passager | 163 110 000 | 13,78 |
| Deux véhicules à moteur | 1 700 000 | 0,14 |
| Trois véhicules à moteur ou plus | 80 000 | 0,01 |
| Un moyen de transport collectif (TC) | 67 640 000 | 5,71 |
| Deux moyens de TC | 11 490 000 | 0,97 |
| Trois moyens de TC ou plus | 2 980 000 | 0,25 |
| Un moyen de TC et un vélo | 290 000 | 0,02 |
| TC et vélo, trois moyens ou plus | 140 000 | 0,01 |
| Un moyen de TC et un cyclomoteur | 1 000 | 0,00 |
| Un moyen de TC et une moto | 20 000 | 0,00 |
| Un moyen de TC et une voiture à titre de conducteur | 2 440 000 | 0,21 |
| Un moyen de TC et une voiture à titre de passager | 3 350 000 | 0,28 |
| TC et véhicules à moteur, trois moyens ou plus | 3 290 000 | 0,28 |
| Un véhicule à moteur et un vélo | 720 000 | 0,06 |
| Véhicule à moteur et vélo, trois moyens ou plus | 270 000 | 0,02 |
| Total | 1 183 631 000 | 100,00 |

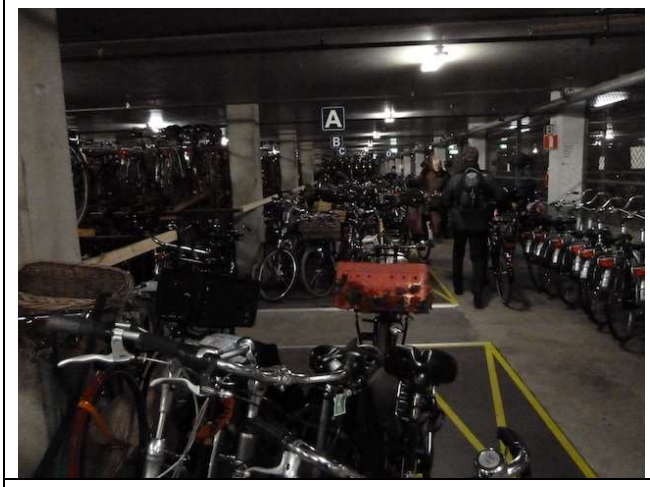
Source ENTD 2007-2008, exploitations Inrets

Si l'on étudie plus particulièrement les déplacements combinant transports collectifs et vélo, qui sont au nombre de 420 000 par semaine, on constate qu'ils ont des caractéristiques peu différentes de celles des déplacements transports collectifs en général, en particulier en ce qui concerne leur plus grande propension à être effectués en semaine, hors vacances scolaires, plutôt pour aller au travail ou sur le lieu d'étude, pour des durées de déplacements plutôt longues. On a toutefois de plus grandes proportions de déplacements longs de plus de 45 min et de déplacements pour aller au travail que pour les transports collectifs en général.

Les cyclistes intermodaux transports collectifs sont plutôt des hommes (à 54%), moins que les cyclistes purs (63%), mais plus que les usagers des transports collectifs qui sont plutôt des femmes (à 54%). Les cyclistes intermodaux transports collectifs sont aussi moins souvent de jeunes enfants ou des personnes de plus de 50 ans que les cyclistes purs ou que les usagers des transports collectifs. En revanche, ils sont plus souvent de catégories sociale supérieure (pour moitié) ou titulaires d'un diplôme post bac. Ils résident en Île-de-France (deux sur cinq, aussi souvent que l'ensemble des usagers des transports collectifs), mais aussi en Bretagne. Leur répartition géographique (un tiers en ville centre et un tiers en banlieue) se rapproche aussi de celle des usagers des transports collectifs. Ils sont plus fréquemment titulaires du permis de conduire que les cyclistes purs ou les usagers des transports collectifs, et autant que les intermodaux voiture-transports collectifs. Ils font presque tous régulièrement du sport, bien plus que les cyclistes purs. Ces sont aussi presque tous des cyclistes réguliers (alors que les intermodaux vélo-voiture sont plutôt des occasionnels).

*Les équipements de stationnement intermodaux pour le vélo : une enquête de préférence déclarée*

(Papon *et al*., 2011C2, voir tome 2)



Parc de stationnement vélo à la gare centrale de La Haye, Pays-Bas, 15/02/2011.

Photo Francis Kuhn




Situation de l'enquête de préférence déclarée : boxes à vélos, Lieusaint, Seine-et-Marne, 03/2010.

Photos Cristina Osipov, Kely Camoli Berezoski

Les recherches précédentes ont montré que les cyclistes valorisent particulièrement la sécurité du stationnement et la qualité des itinéraires cyclables pour utiliser le vélo comme mode d'accès au train. Au printemps 2010, en Île-de-France, une enquête de préférence déclarée a été menée pour étudier les types préférés d'équipements intermodaux pour les cyclistes dans les gares. À cette fin, 18 situations furent simulées avec des photos et un court texte. Chaque situation combinait les valeurs de six attributs : itinéraire d'accès (piste cyclable, rien), protection du site (plein air, abri, gardien, bagde d'accès, box-consignes à vélos), dispositif d'attache (rien, poteau, arceau, pince-roues), distance aux quais (50 mètres, 200 mètres), horaires (24 heures sur 24, 20 heures, seulement heures de pointe), tarification (gratuit, 10 euros par mois, 20 euros par mois). Les personnes interrogées ont dû évaluer leur degré de satisfaction pour chaque situation sur une échelle à six niveaux. Elles ont été recrutées parmi les cyclistes par courriel, sur des forums sur le vélo, ou sur une bourse aux vélos. Malgré un nombre limité de répondants, un modèle logit cumulatif a pu estimer les effets de la plupart des modalités des attributs. Les répondants retiraient le plus de satisfaction des box, puis de simples abris, et étaient le plus mécontents des redevances de stationnement et du manque de pistes cyclables. De plus, des commentaires qualitatifs de la part des répondants aidèrent à comprendre comment la qualité générale des équipements était évaluée. En particulier, malgré l'estimation relativement faible pour les arceaux, beaucoup de commentaires confirmèrent que ce sont des dispositifs essentiels contre le vol.

### 6.2.2 Le casque : si on le porte, on fait moins de vélo

(D'après Papon, 2010C1, traduit de l'anglais)

Si la sécurité est une préoccupation majeure des cyclistes qui veulent se rabattre sur les gares, c'est aussi évidemment une question essentielle plus générale pour le vélo, qui est d'ailleurs spontanément citée chaque fois que l'on aborde le sujet. La sécurité se décompose en sécurité primaire (éviter l'accident) et sécurité secondaire (réduire les conséquences de l'accident). Si la sécurité primaire doit être le premier objectif, l'amélioration de la sécurité secondaire est aussi utile.

Le casque est une mesure de sécurité secondaire destinée à protéger les cyclistes de blessures à la tête éventuellement mortelles. Cette proposition peut être mise en œuvre à différents niveaux : en tant que choix personnel du cycliste, en tant que campagne de promotion par différentes parties (professionnels de santé, fabricants de casque, pouvoirs publics), ou en tant que réglementation obligatoire pour certains groupes ou dans certains lieux. Un grand nombre d'actions de recherche ont eu lieu pour évaluer l'efficacité des casques.

L'efficacité des casques pour protéger les cyclistes de blessures graves à la tête lorsqu'ils sont victimes d'un accident est largement admise et démontrée dans des études cas–témoin (d'abord initiées par R.S. Thompson *et al*., 1989 puis 1996). Le casque réduit les blessures à la tête dans une fourchette de 63 à 88% dans la revue de D.C. Thompson *et al*. (1999). En France, Emmanuelle Amoros (2009) a récemment trouvé des réductions similaires pour les blessures graves seulement, mais de seulement 20% pour l'ensemble des blessures à la tête. Les casques sont efficaces pour protéger le cycliste au niveau individuel. Cela résulte dans moins de collisions graves ou mortelles pour les cyclistes casqués (de Lapparent, 2005). Mais divers auteurs (Hynd *et al*., 2009) ont suggéré que les études portant sur les admissions à l'hôpital ne sont pas pertinentes, car elles ne contrôlent pas l'exposition.

Au niveau de la société, l'efficacité des actions en faveur du casque pour réduire les blessures des cyclistes fait l'objet de controverses. Les programmes et les lois sont généralement efficaces pour améliorer le taux de port du casque : S. Royal *et al.* (2005, 2007) ont passé en revue des interventions visant les enfants, en montrant qu'elles améliorent le port du casque. Les lois sur le casque améliorent aussi le port du casque (Ivers, 2007), mais aucune des études ne prenaient en compte les taux de pratique du vélo. Sur la base de taux de réduction des blessés et tués dérivés des études cas–témoin, et d'hypothèses de taux de respect, G.M. Ginsberg & D.S. Silverberg (1994) ont mené une analyse coûts–bénéfices sur la législation sur le casque en Israël. D.C. Thompson *et al*. (2004) se sont appuyés sur les études cas–témoin pour promouvoir les programmes sur le casque. Cependant, W.J. Curnow (2005) conteste la validité de leurs recommandations, car elles ne sont pas fondées sur les mécanismes de traumatismes cérébraux.

En fait, pour évaluer les programmes sur le casque, l'efficacité de protection des casques au niveau individuel ne peut pas être répliqué au niveau de la société, à cause des interactions complexes avec l'environnement. Pour les prendre en compte, les études écologiques sont nécessaires ; mais, comme elles sont fondées sur les populations, et pas sur les individus, elles sont moins fiables parce qu'elles ne prennent pas en compte les facteurs de confusion comme les tendances temporelles ou d'autres mesures prises simultanément. Quelques études écologiques trouvent un effet positif des lois ou des programmes (deux études citées par la revue de Macpherson & Spinks, 2007), mais avec un taux de réduction des blessures bien plus faible que celui observé au niveau individuel. D'autres auteurs ne trouvent pas d'effet (Robinson, 2006). B. Hagel *et al.* (2006) ont réagi contre les conclusions de Robinson, et eux-mêmes ont à leur tour subi les répliques de R. Geary (2006) et D.L. Robinson (2007). En réalité, cette querelle

montre la relativité des évaluations des programmes sur le casque au cadre conceptuel dans lequel elles sont menées.

Cette différence entre l'effet de protection et l'efficacité des politiques est due à différents facteurs agissant en sens contraire. L'effet de compensation du risque peut accroître le risque pris par les cyclistes casqués, et par les automobilistes à l'égard des cyclistes casqués. L'effet le plus pervers peut être le fait que les politiques sur le casque pourraient réduire le nombre de cyclistes, en augmentant ainsi l'insécurité pour les cyclistes restants, car plus il y a de cyclistes, plus le risque individuel pour chaque cycliste est faible (Jacobsen, 2003).

Une réduction du nombre de cyclistes diminuerait aussi les avantages en termes de santé de la pratique du vélo, avantages qui en général compensent très largement les risques d'accidents. Ces avantages et risques ont été estimés en France à 0,57 contre 0,23 euro par kilomètre (Papon, 2002J2, voir tome 2) au niveau individuel. En Nouvelle-Zélande, la valeur proposée pour les avantages en termes de santé est de 0,92 euro par kilomètre (Genter *et al*., 2008). Ces avantages fondent plusieurs rapports des pouvoirs publics qui recommandent d'accroître la pratique du vélo (Toussaint, 2008). À partir de la prémisse du rapport de l'avantage en termes de santé sur le risque d'accident (appelé "beta"), P. De Jong (2009) a théoriquement prouvé que les lois sur le casque étaient contreproductives en termes de bilan d'ensemble sur la santé.

Notre contribution n'est pas de discuter de l'efficacité des politiques sur le casque en général, mais d'étudier l'effet du port casque sur le niveau de pratique du vélo. Nous faisons l'hypothèse que les cyclistes casqués font moins de vélo que les cyclistes non casqués. Nous confrontons cette hypothèse à des données empiriques françaises, issues de l'Enquête nationale sur les transports et déplacements 2007-2008, dont nous avons aussi tiré des statistiques descriptives sur les comportements de pratique du vélo et de port du casque. Pour évaluer l'effet du port du casque sur la pratique du vélo, nous avons dans un premier temps fait une comparaison directe, et dans un second temps estimé des modèles.

Les deux étapes donnent des résultats convergents. Selon la comparaison directe, les cyclistes réguliers portant toujours un casque ont une probabilité de faire un déplacement à vélo le jour de référence divisée par 2,4, un nombre de déplacements à vélo divisé par 3,1, un temps total de déplacement à vélo divisé par 1,4, par rapport aux cyclistes réguliers ne portant jamais de casque, sans différence significative pour les cyclistes occasionnels. Un modèle linéaire séparant la variable port du casque de celle de la pratique du vélo montre ceci : les cyclistes portant toujours un casque ont une fréquence de déplacement réduite de 0,15 déplacement par jour. Un modèle linéaire croisant les deux variables de port du casque et de pratique du vélo estime ce qui suit : les cyclistes réguliers portant toujours un casque ont une fréquence de déplacement à vélo réduite de 0,34 déplacement par jour de référence, un temps total de déplacement à vélo réduit de 2 minutes par jour, par rapport aux cyclistes réguliers ne portant jamais de casque, avec des effets contraires mais pas très significatifs pour les cyclistes occasionnels. Un modèle logistique avec les deux variables croisées estime ceci : les cyclistes réguliers portant toujours un casque ont une probabilité de faire un déplacement à vélo le jour de référence divisée par 2,2, par rapport aux cyclistes réguliers ne portant jamais de casque. Les catégories intermédiaires de port du casque affichent des effets plus petits ou non significatifs dans tous les types de résultats, et ils ne représentent qu'une part marginale des cyclistes.

Comme les cyclistes réguliers font quatre déplacements de semaine sur cinq en France, les données montrent clairement que le comportement de port du casque est corrélé avec le niveau de pratique du vélo, et que les cyclistes casqués font moins de vélo que

leurs camarades à la tête nue. À partir de là, il est intéressant de discuter l'implication de ce résultat sur l'efficacité et la conception des programmes sur le casque[41].

Les politiques sur le casque devraient viser davantage les groupes appropriés, et devraient faire partie de politiques de sécurité routière d'ensemble, mettant plus l'accent sur les facteurs de sécurité primaire des cyclistes (assertivité, positionnement sur la chaussée, angles morts des véhicules longs, éclairage des vélos, visibilité des cyclistes, règles de priorité, etc.), et sur l'aménagement général de l'espace public favorisant une coexistence pacifique des modes de transport.

L'essentiel est d'encourager la pratique du vélo dont le développement créera un rapport de force favorable pour les cyclistes et leur sécurité. Cet encouragement passe par des mesures physiques d'aménagement des infrastructures, avec un partage de la voirie

---

[41] Une loi qui serait totalement appliquée, et qui édicterait le port obligatoire du casque pour tous les cyclistes, réduirait probablement la pratique du vélo de ceux qui à présent ne portent pas de casque, mais cela ne peut être déduit des données transversales utilisées, comme les non porteurs de casque sont un groupe différent des porteurs de casques et pourraient ne pas adopter le comportement de ces derniers s'ils étaient forcés d'en porter un (notamment, ils peuvent avoir une attitude différente par rapport au risque, Bolen et al., 1998; Farris et al., 1997). Bien que nous n'en avons pas de preuve empirique en France étant donné qu'une telle loi n'existe pas, nous pouvons néanmoins faire l'hypothèse la plus simple en supposant que les cyclistes à présent non casqués forcés à porter le casque adopteraient le niveau de pratique observé par les cyclistes déjà casqués. Selon les résultats empiriques résumés ci-dessus, cela conduirait aux résultats suivants.
En ce qui concerne la probabilité de faire un déplacement un jour donné, les cyclistes réguliers à présent non casqués ne prendraient leur vélo que 42 jours sur 100 jours précédemment cyclés, et pour l'ensemble de la population, le nombre de jours de semaine avec vélo serait multiplié par 0,60.
En ce qui concerne le nombre de déplacements, les cyclistes réguliers à présent casqués ne réaliseraient que 32 déplacements sur les 100 qu'ils font présentement, et pour l'ensemble de la population, le nombre de déplacements un jour de semaine serait divisé par deux.
En ce qui concerne le temps total de déplacement à vélo un jour de semaine donné, les cyclistes réguliers à présent casqués ne circuleraient à vélo que pendant 70 minutes sur les 100 qu'ils y consacrent actuellement, et pour l'ensemble de la population, le temps passé à vélo serait multiplié par 0,85.
À partir de ces chiffres, ce serait facile de calculer l'accroissement du niveau de risque pour les cyclistes restants, et la réduction des avantages en termes de santé. Néanmoins, quelques limites de ces calculs doivent être rappelées.
Premièrement, ils ne concernent que le jour de semaine. Les résultats pour le samedi vont dans le même sens. Pour le dimanche, il reste un effet significatif dans le même sens mais faible sur la probabilité de faire du vélo, pas d'effet significatif sur le nombre de déplacements, et un effet inverse et significatif sur le temps de déplacement. Mais globalement sur l'ensemble de la semaine, les résultats sont similaires à ceux du jour de semaine.
Deuxièmement, l'hypothèse de l'effet d'une loi devrait être vérifiée avec des données empiriques dans d'autres pays. Aussi, dans le cas d'une loi, il y aurait sans doute un certain taux d'infraction, dépendant du niveau de répression.
Troisièmement, il faudrait considérer une plus grande variété d'interventions, de lois strictes à des campagnes d'informations. De plus, l'étude d'interventions limitées à certains groupes, par exemple les enfants, serait utile.
Dans ce sens, il semble improbable en France qu'une loi d'obligation totale du casque soit appliquée, étant donné le faible niveau actuel de port, et la forte opposition des associations de cyclistes. Tout au plus, une loi limitée aux groupes montrant déjà un niveau assez élevé de port du casque pourrait être étudiée. Seuls les enfants jusqu'à 9 ans remplissent cette condition.
Pour d'autres situations avec un certain niveau de port, et où le casque peut être justifié par des impératifs de sécurité, comme pour les enfants de 10 à 14 ans et la pratique hors agglomération, le taux de port est trop bas pour envisager une loi ; d'autres interventions sont plus appropriées.
Il reste d'autres cas où la réticence à porter un casque est si grande, soit parce l'apparence compte pour la participation aux activités sociales comme pour les adolescents de 15 à 19 ans, ou juste parce que l'incommodité du port du casque est telle, comme pour les déplacements urbains utilitaires quotidiens, ou les usagers des vélos en libre service, que l'on a seulement besoin de davantage de recherche sociologique. Cependant, le plus bas niveau de pratique mis en évidence pour les cyclistes casqués, ou pour le dire de manière duale, le plus bas niveau de port du casque dans les pays ou les régions où il y a beaucoup de cyclistes, rendrait certainement contreproductive en termes de sécurité routière nette, ainsi que de santé publique, de considérer des programmes sur le casque qui auraient plus pour effet de dissuader l'usage du vélo, que d'éviter les blessures.

plus favorable aux cyclistes et aux transports collectifs, par des mesures réglementaires et policières, visant notamment à réduire les vitesses de circulation, mais aussi par de la communication mettant l'accent sur les avantages du vélo plutôt que sur ses risques. C'est aussi un état d'esprit visant à penser la mobilité autrement qu'à travers la voiture particulière, état d'esprit qui a conduit à la notion d'*écomobilité*.

### 6.2.3 Qu'est-ce que l'écomobilité ?

(Papon 2009J2)

#### *Introduction à l'écomobilité*

L'*écomobilité* est un mot à la mode. Pour preuve, les 4 et 5 novembre 2009, se sont tenues à Villeneuve-sur-Lot les premières *Assises Nationales de l'Écomobilité*. Impulsées par l'association locale *Réseau Écomobilité*. Organisées à l'initiative de la commune, de la communauté de communes et du conseil général, elles ont réuni des professionnels, des exploitants, des chercheurs, des consultants, des élus, des techniciens, pour aborder les différentes facettes de l'écomobilité, avec un accent porté sur les villes moyennes. Mais avant d'essayer de définir ce qu'est l'écomobilité, il est utile de comprendre comment cette notion s'est historiquement développée.

#### *L'écomobilité, concept de recherche*

Le terme *écomobilité* a sans doute été inventée dans les années 1980 par la regrettée urbaniste suisse Lydia Bonanomi. Son ouvrage Le temps des rues (1990) a rendu intelligible à tous : citoyens, élus, urbanistes et techniciens des collectivités locales, qu'il était possible de réduire l'impact de l'automobile sur le cadre bâti, et de redonner figure humaine à nos villes. En 1996, elle écrivait : « Il est aujourd'hui généralement admis qu'il faut rechercher une cohabitation pacifique entre les différents usagers de la route. De même, la nécessité de s'orienter vers un développement durable et, donc, de rechercher un transfert du trafic motorisé individuel vers l'écomobilité (intermodalité entre la marche, le vélo et les transports en commun), fait l'objet d'un large consensus. Mais beaucoup de choses restent au niveau du discours. » On voit donc que l'écomobilité est d'abord une combinaison de différents moyens de transport visant à réduire la circulation des véhicules à moteur individuels.

L'influence de Lydia Bonanomi en France a été grande, en particulier en appuyant la formation d'un Axe 7 : "Déplacements non motorisés et usages non privatifs du véhicule individuel" dans le cadre du Groupe Thématique n°1 du Prédit II (Programme de REcherche et de Développement pour l'Innovation et la Technologie dans les transports terrestres, programme national 1996-2000). Pour cet axe, Jean-René Carré, alors sociologue à l'Inrets-Dera, a fédéré un ensemble coordonné de recherches portant sur « la mobilité urbaine et les déplacements non motorisés », ensemble constituant le projet baptisé *éco-mobilité*. Ce projet, partant aussi du constat des phénomènes d'autogénération du trafic automobile dans les villes, se concentrait sur les modes non motorisés, alors peu étudiés en France, au besoin en complémentarité avec les transports publics.

À ce stade, l'écomobilité devient une science pluridisciplinaire, au confluent, entre autres, des disciplines suivantes.

- Urbanisme : il s'agit de développer des villes compactes et mixtes, favorisant les transports en commun, et les modes de déplacement « doux ».

- Sociologie : on s'intéresse ici à la dimension micro-sociale de l'individu : pourquoi se déplace-t-on ? Et comment ? Qu'est-ce qui peut amener à changer de comportement de mobilité ?

- Sciences politiques : il est question de comprendre comment sont élaborées les décisions, comment l'environnement est pris en compte, et quels sont les processus de participation du public.

- Economie : on doit réaliser un bilan complet des avantages et coûts des différents modes de transport, y compris les coûts externes, et tenir compte du pic du pétrole, du changement climatique.

- Ecologie : il s'agit d'analyser l'impact des systèmes de transport sur l'environnement, la qualité de l'air.

- Technologies : différentes technologies utiles peuvent être mobilisées : mécanique, électronique, électro-mécanique, énergies renouvelables, nouvelles technologies de la communication (internet, téléphonie mobile, …) qui permettent d'éviter des trajets.

### *L'écomobilité, mouvement associatif*

Après les scientifiques, c'est le mouvement associatif qui s'est emparé du concept d'écomobilité. Revendicatives dans les années 1970 (Jacques Essel, fondateur du MDB, *Mouvement de Défense de la Bicyclette*), les associations de cyclistes sont devenues des partenaires des collectivités locales à partir du tournant de 1995. Pour la plupart regroupées au sein de la Fubicy (créée en 1980), elles se sont alors multipliées. Les associations de piétons restent plus rares et moins mobilisatrices. Depuis 1978, la Fnaut fédère de manière plus large 150 associations d'usagers des transports et agit pour les transports collectifs, les modes non motorisés et l'intermodalité. Les associations plus généralistes de l'écomobilité se sont développées avec les préoccupations liées au sommet de Rio : Rue de l'Avenir (1987), 4D (*dossiers et débats pour un développement durable*, 1993). En 2001, a été créé à Villeneuve-sur-Lot une association portant le nom de *Réseau Écomobilité*, dans le but d' « agir en faveur de déplacements non polluants, silencieux, économes et durables », et cherchant à convaincre « le grand public, le monde scientifique, technicien, industriel et commercial et les décideurs, les élus et le monde politique ».

Reprenons leur définition de l'écomobilité : « l'écomobilité est la possibilité de se déplacer, en ville ou en milieu rural, en polluant le moins possible , avec le moins de bruit possible , de façon économe et durable, grâce à l'utilisation d'énergies renouvelables ». Selon eux, de nombreuses solutions sont à explorer : le choix des énergies renouvelables doit être fait selon la méthode de l'Analyse du cycle de vie[42] : l'écomobilité vise à promouvoir les technologies et les comportements les plus respectueux des écosystèmes. C'est donc une démarche éco-citoyenne.

Il faut ici souligner le rôle moteur des associations dans la promotion de l'écomobilité au niveau local. C'est le plus souvent lorsqu'une association locale était active que les collectivités locales se sont engagées en faveur de l'écomobilité. Les collectivités locales elles-mêmes se sont constituées en associations. Ainsi, le Club des Villes Cyclables, créé en 1989 par 10 villes pionnières, et devenu depuis le Club des Villes et territoires Cyclables, regroupe aujourd'hui plus de 950 communes, 2 Départements, 2 Régions. De même l'Association des Départements Cyclables regroupe 68 collectivités.

### *L'écomobilité, engagement des collectivités*

Les collectivités ont également été amenées à s'intéresser à l'écomobilité avec l'évolution de la législation. Instaurés par la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) en 1982, les Plans de Déplacements Urbains (PDU) ont été rendus obligatoires par la *Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie* (Laure) en 1996, et renforcés par la *loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains* (SRU), en 2000. Les PDU

[42] http://www.ecobilan.com

ont explicitement pour objectif de réduire la circulation automobile et de développer les transports collectifs et les moyens de déplacements économes et les moins polluants pour l'environnement. Ces PDU développent divers instruments.

Ainsi, en Savoie, l'agence *Écomobilité* crée en 2001 a pour missions : la gestion de la Vélostation de Chambéry, la promotion et l'animation de Plans de Déplacements en Entreprise (PDE), la mise en place de Plans de Déplacements en Établissements Scolaires (PDES), la cogestion de la centrale de mobilité Mobil Conseils, et l'animation de rencontres sur le thème de la mobilité.

Ces instruments continuent à évoluer, dans la foulée du Grenelle de l'Environnement, et en particulier avec la démarche Code de la Rue, déjà appliquée en Belgique, et qui renvoie au souci urbain fondateur de Lydia Bonanomi. C'est bien au travers de ces programmes que l'écomobilité est non seulement une science et un engagement citoyen, mais devient une politique de déplacements.

### *L'écomobilité, communication des entreprises*

Les entreprises ont naturellement saisi l'opportunité que représente l'écomobilité, et dans les années 2000, beaucoup s'en réclament. Au côté des acteurs traditionnels que sont les exploitants de transports collectifs, de nombreux autres acteurs se sont installés sur des créneaux comme le vélo en libre service (Rocci, 2009b) ou l'autopartage. Pour n'en citer qu'une, Eco&Mobilité est une jeune entreprise de la Vienne qui commercialise des véhicules électriques. Réalisé par la Macif en collaboration avec l'Ademe et le Certu, *l'annuaire de l'écomobilité*[43] propose un inventaire de solutions.

L'Ademe, dont la mission est de promouvoir les démarches environnementales, diffuse un guide très pédagogique *Bougez autrement – le guide de l'éco-mobilité* (2006) téléchargeable.

Ainsi, si l'acceptation du terme écomobilité est devenue aujourd'hui : « Mobilité ne nuisant pas (ou peu) à l'environnement » ; elle concerne tous les moyens de transport: la marche, le vélo, et les véhicules à propulsion humaine entièrement écomobiles, et dont les usages sont renforcés par de nouveaux services (bus pédestres et cyclistes, vélos en libre service), toutes formes de transports en commun, des usages alternatifs de la voiture (covoiturage, autopartage), des véhicules plus propres et moins consommateurs d'énergie (électriques etc.), et bien sûr l'intermodalité entre ces différents moyens. On est ainsi passé du concept germanique des alternatives à la voiture particulière appelées modes écologiques (*Umweltverbund*), à une acception plus large incluant les voitures particulières pour peu que leur mode d'utilisation ou leur performance énergétique et environnementale soit infléchis, ce qui bien sûr permet de favoriser le développement économique du secteur.

### *L'écomobilité, pratique des Français aujourd'hui*

Toutefois, ces usages innovants et écologiques de la voiture restent à l'heure actuelle en France extrêmement marginaux : en 2008, seulement 0,1% des voitures neuves vendues émettaient moins de 100 g de CO2 par km (source : SOeS, *Fichier central des automobiles*), alors que le mode le plus polluant hors automobile, à savoir le deux roues motorisé, n'émet que 32 g de 100 g de CO2 par passager-km en moyenne (source : Ademe). L'autopartage ne permet encore d'éviter la circulation que de quelques centaines de voitures particulières dans les grandes villes. Le covoiturage est une faible part de l'usage de la voiture en tant que passager, qui se fait essentiellement au sein des ménages. En tout, selon la dernière Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008, l'usage de la voiture en tant que passager représente 11% des

[43]http://www.roulonspourlavenir.com

déplacements réalisés en semaine, à peine plus que les transports collectifs à 8,3% (Papon & de Solère, 2010B2, voir tome 2).

En fait, le mode de déplacement écomobile le plus fréquent en France est la marche, avec 23,1% des déplacements en France en 2008. Et ce qui est remarquable est que cette part s'est stabilisée par rapport à 1994, alors qu'elle baissait auparavant. La part du vélo a aussi tendance à se stabiliser, à 2,6%, tandis que la progression du parc de vélos se poursuit : de 21,3 millions en 1994, le nombre de vélos d'adultes est passé à 26,7 millions en 2008. Mais l'usage du vélo se modifie : son utilisation augmente en ville centre et diminue dans les zones rurales et périurbaines. Il est par ailleurs délaissé par les ouvriers et plus prisé des cadres. Ainsi ces modes actifs représentent un potentiel de développement de l'écomobilité.

*Enjeux et limites de l'écomobilité*

Bien sûr, pour au mieux réduire l'impact de nos mobilités sur l'environnement et la consommation d'énergie, il faut jouer sur tous les tableaux : changer les comportements (se déplacer moins souvent, moins loin, avec des modes plus écologiques) et réduire l'impact des véhicules (véhicules plus petits, plus sobres, moins nuisants) pour ceux qui continueront encore longtemps à se déplacer en voiture. Mais il faut avoir en tête les temporalités incontournables de ces changements : développement, introduction de nouvelles technologies et remplacement du parc, restructuration des formes urbaines, mutation des normes sociales, renouvellement des habitudes. Certes l'action des pouvoirs publics, communication, information, formation, normes, règles, fiscalité, etc. peut favoriser ces changements, mais cette action ne peut aboutir que dans un consensus et une coopération multi acteurs où chacun comprend son intérêt.

## 6.3 Conclusions générales

Le XIXe siècle a vu l'apparition et le développement technique du vélocipède, jusqu'à la diffusion de la bicyclette à partir de 1886. Le XXe siècle a connu l'essor, puis le déclin de la bicyclette comme moyen de transport ; elle se réduisit à un objet de loisir : le vélo. Le XXIe siècle verra-t-il le vélo contribuer de manière significative à une mobilité que l'on veut durable ?

Les changements de terminologie ne sont pas anodins ; ils correspondent à une mutation de la prise en compte de l'objet. Deux décennies particulières concentrent une grande partie de ces changements. Les années 1890 ont vu le passage d'une dénomination technique : *vélocipède*, et ses dérivés, à une dénomination administrative : *cycle*, et ses dérivés. Dans ces années, l'usage du vélo a décollé, et a dû être pris en compte par les autorités. Le mot *vélo* quant à lui est devenu une appellation populaire, et sportive, mais étrangère à la sphère officielle. Un siècle plus tard, les années 1990 connaissent une nouvelle créativité terminologique : les termes un peu désuets de *bicyclette* et *cycle* sont remplacés dans le vocabulaire administratif, d'abord par des catégories comme *deux-roues* ou *modes doux*, et finalement par le mot *vélo*. Mais les conditions sont diamétralement opposées à celle des années 1890, car dans les années 1990 l'usage du vélo a atteint son point bas. Il ne s'agit plus maintenant de réglementer le développement naturel du vélo, mais de favoriser son renouveau pour faire face aux nouveaux enjeux de la mobilité. Le vélo est enfin pris au sérieux par les autorités.

Le vélo est aussi devenu un sujet sérieux pour la recherche scientifique. Le physicien modélise sa dynamique. Le médecin recense ses bienfaits. Le statisticien enquête ses déplacements. L'économiste valorise ses effets. Le sociologue analyse ses pratiques. Le psychologue écoute ses perceptions. L'informaticien programme ses itinéraires. Le géographe identifie ses territoires. L'ingénieur normalise ses infrastructures. L'urbaniste

conçoit et réglemente ses équipements. L'historien explore ses archives. Le prospectiviste projette son avenir.

Le vélo étant enfin pris au sérieux, il m'est devenu possible de le prendre comme objet de recherche. Il s'agit d'approcher le vélo comme moyen de transport, en le replaçant dans ses rapports avec tous les autres moyens de transport, dans le contexte de la société française, mais aussi dans un cadre international, dans une perspective de long terme d'un développement durable qui n'interdit pas non plus d'autres objets y contribuant.

La problématique du vélo comme moyen de transport s'inscrit dans trois paradigmes.

Le paradigme de *l'ingénieur* cherche à résoudre les problèmes posés par les déplacements urbains, en améliorant le système existant : mais sans volonté politique, il est difficile de mettre en œuvre les mesures efficaces comme le péage, et la maîtrise de la circulation automobile se heurte à la lenteur d'un consensus.

Compte tenu des urgences énergétiques et climatiques, le paradigme du *militant* essaie de changer le système, en infléchissant la mobilité motorisée individuelle, et en développant les modalités alternatives : mais sans écoute au niveau décisionnel, les recherches se résument à un constat et à des recommandations impuissantes.

C'est pourquoi le paradigme du *chercheur* se contente d'améliorer la connaissance, ce qui n'est déjà pas évident. Si les sources font défaut, il faut en créer : c'est possible pour le présent, mais plus difficile pour le passé ou le futur.

En fait les trois paradigmes cohabitent pour traiter de la problématique du vélo.

Il est possible d'améliorer le système vélo, mais à condition qu'il y ait déjà un système. Le matériel vélo a besoin de peu de perfectionnements, toutefois des innovations comme le vélo en libre service sont apparues. Les infrastructures nécessitent plus de progrès. Mais c'est surtout les services aux cyclistes qui doivent être refondés.

Ce n'est pas seulement d'amélioration par petites touches dont le vélo a besoin, mais d'une remise en cause en profondeur du système de mobilité qui est profondément ancrée dans notre société. Et pour cela, seule l'action militante est utile. Car il faut redéfinir les prémisses des politiques des transports, de l'urbanisme, du logement, des finances publiques, du travail, de l'industrie, de la sécurité, pour ne plus favoriser la circulation, le stationnement, et le marché des automobiles, mais imaginer un autre système.

Et du côté de la recherche, le vélo ne peut se contenter de quelques chercheurs volontaires à temps partiel, car il mérite de véritables effectifs et programmes scientifiques. Le vélo doit aussi être intégré à toutes les approches non spécifiques à un mode de transport, comme la comptabilité nationale, la santé publique, les documents d'urbanisme, le droit du travail, l'accès à l'emploi, l'équité fiscale, etc.

Ainsi, réfléchir aux problèmes que pose la mobilité et aux solutions que le vélo peut y apporter incite à penser un autre monde. Et c'est même le moteur de la démarche du chercheur que d'avoir une utopie qui appelle le progrès. Mais cette utopie doit se nourrir d'une masse d'informations, recueillie par une veille scientifique. La lecture scientifique doit toujours se pratiquer avec l'esprit critique, que ce soit pour établir un état de l'art, référer des articles, ou encadrer des étudiants. Le travail de recherche proprement dit peut alors commencer, en partant des données d'observation, pour en tirer des analyses, des modèles et des évaluations.

Lorsque les données manquent, il faut user de techniques statistiques, de recoupements et de conjectures pour approcher la vérité, qui ne réside pas seulement sous le lampadaire où il est pourtant plus facile de chercher. Le souci opérationnel doit aussi guider l'élaboration de propositions de recherche, la gestion des contrats, et la valorisation scientifique des résultats. Différentes méthodes peuvent être essayées, en

fonction des questions posées. L'expérimentation même de l'objet étudié, à savoir le vélo, est indispensable pour en connaître dans sa chair les affres, les contraintes et la discipline. Finalement, les résultats de la recherche doivent être écrits, présentés, publiés, vulgarisés et synthétisés.

Cette démarche scientifique classique, mais spécifique au vélo, a innové sur quatre points essentiels. Premièrement, une constante de mes recherches est la prise en compte de la diversité de la demande, appelant une offre adaptée, car tous les usagers sont différents, et c'est particulièrement vrai pour les cyclistes. Deuxièmement, j'ai proposé de nombreuses questions spécifiques sur le vélo dans l'Enquête nationale sur les transports et déplacements de 2007-2008, pour créer les données nécessaires à son étude. Troisièmement, j'ai développé un questionnaire biographique et élaboré des méthodes de redressement et de modélisation pour connaître le passé et le parcours des individus. Quatrièmement, j'ai investi la question de l'utilité primaire des déplacements par des questions spécifiques.

Mes principaux résultats de recherches sont les suivants (en les décrivant de manière très abrupte).

Il est difficile de gérer la demande de mobilité, il est difficile de la découpler de la croissance économique, il est difficile de la prévoir dans des scénarios de rupture ou de déterminer sa saturation. Les comportements automobiles ne changeront pas facilement. Pourtant, il est nécessaire de développer les offres alternatives, même s'il est difficile de les financer en récupérant les avantages qu'elles apportent, comme les plus-values immobilières induites par une nouvelle ligne de tramway. Et pour l'efficacité d'ensemble, il est nécessaire de coordonner l'offre de transport ferroviaire avec le développement de l'urbanisation. Mais les coûts élevés des projets nécessitent aussi la coopération de tous les niveaux territoriaux de décision, la recherche de financements innovants, mais également la recherche de solutions moins coûteuses. Et en ce sens, le vélo est précieux.

Le vélo a atteint son étiage dans les années 1990, avec un peu moins de 3% de tous les déplacements en France. Depuis, le vélo continue de décliner dans les zones périphériques, et pour les catégories populaires, mais connaît un renouveau dans les villes, et pour les cadres. Mais le vélo n'est pratiqué que par une minorité de la population. Pourtant, il n'en a pas toujours été ainsi, et le vélo était le moyen de transport principal de près d'un quart de la population dans les années 1930 et 1940. C'est l'hécatombe qu'il a littéralement subie du fait du développement de la motorisation dans les années 1950 et 1960 qui l'a fait chuter.

On retrouve ce schéma en cours dans nombre de pays en développement, en particulier en Chine où le vélo a été dans les années 1990 le moyen de transport dominant, mais transitoire. Aujourd'hui, il y est remplacé par les deux-roues électriques, notamment à Shanghai, qui connaît aussi une modernisation rapide de ses réseaux de transport ce qui n'est pas sans poser des questions d'inégalités sociales. Mais comme sur tous les continents, la population aspire à se déplacer en voiture, qui est la phase finale de la transition de la mobilité. Seulement, dans les pays les plus développés, on a compris la nécessité d'un équilibre plus multimodal, mais le vélo n'a retrouvé sa place que dans de rares fiefs (Danemark, Pays-Bas, Japon).

Pourtant le vélo a, pour l'individu qui le pratique, et pour la collectivité, de gros avantages, dont le plus important est l'amélioration de la santé, qui compense plusieurs fois les coûts de l'insécurité routière, et les coûts monétaires. Donc encourager le vélo est hautement rentable, à la fois pour l'individu et pour la collectivité. Le bénéfice pour la santé est essentiellement dû à la dépense énergétique du cycliste. Cette dépense, bien que minimale par rapport aux autres modes, doit être bien comprise pour proposer des aménagements adaptés aux cyclistes : en particulier minimiser les pentes, les arrêts, les détours, et les défauts de revêtement.

Le développement du vélo passe par de nombreuses mesures. Parmi elles, l'articulation avec les transports collectifs est nécessaire pour proposer un système de mobilité alternatif complet, articulation dont le point clé est le stationnement des vélos en gare. En revanche, d'autres mesures, comme l'obligation de porter un casque (qui pourtant protège le cycliste), seraient néfastes pour le vélo et la santé publique. Finalement, l'*écomobilité* est une nouvelle culture à construire pour rendre nos déplacements moins nuisants, mais il ne faut pas confondre la communication avec les actions efficaces.

En effet, l'un des plus importants manques actuels en France, à mon avis, sur le vélo est celui des évaluations des mesures et des politiques sur le vélo. Ces évaluations sont inexistantes, et devront être développées dans l'avenir. En particulier, l'évaluation des aménagements cyclables, faisant intervenir l'accidentalité, l'augmentation de la pratique et l'opinion des usagers, est indispensable, et devrait aboutir à une véritable certification des infrastructures, comme c'est le cas pour d'autres modes.

Les mesures doivent être évaluées une par une, mais le vélo doit faire l'objet d'une approche d'ensemble. C'est enfin le cas avec le *Plan national du vélo*, mais il reste à concrétiser les moyens de sa mise en œuvre. Ces moyens sont notamment nécessaires pour développer les infrastructures, comme le *Schéma directeur des véloroutes et voies vertes*, si l'on veut être à la hauteur de l'Allemagne qui dispose aujourd'hui d'un réseau complètement maillé aux échelles du *Bund* et des *Länder*. Ces moyens seront à trouver au niveau national, et au niveau local, où se situent les besoins des cyclistes quotidiens qui ont droit à un réseau cyclable de proximité.

La politique d'ensemble du vélo touche aussi à d'autres secteurs que le transport, notamment l'urbanisme, où l'un des freins majeurs à l'usage du vélo est le stationnement des vélos à domicile. Il faudra donc développer ce stationnement non seulement dans les nouveaux immeubles, mais aussi dans le parc existant, ce qui pourrait être fait à l'occasion d'un ravalement thermique aussi nécessaire. D'une manière plus générale, les plans d'urbanisme doivent viser à la présence des aménités dans un rayon franchissable à pied ou à vélo, écarter les circulations de transit routier des zones urbaines attractives, créer des réseaux cyclables qui desservent toutes les destinations utiles, et modérer les vitesses de circulation dans les rues où les cyclistes doivent cohabiter avec les voitures.

Pour finir, voici une idée qui peut faire sourire, mais qui synthétiserait bien l'ensemble de mes travaux y compris ma thèse et que l'on pourrait appeler « Pistes cyclables de première classe ». Il s'agit d'infrastructures de qualité supérieure réservées aux cycles, respectant des exigences en matière de pente, rayon de courbure, dévers, lignes de visibilité, revêtement, et n'ayant pas de carrefour à niveau avec d'autres voies[44]. Une telle idée n'est pas nouvelle : elle a été mise en œuvre à Londres, mais avec un standard insuffisant. Elle est aussi développée aux Pays-Bas et proposée au Danemark et en Suède[45]. Elle fait aussi l'objet de recherche en Corée du Sud, avec le concept *Bike Rapid Transit* (BIRT) de voie express pour vélos en site surélevé (voir photo) (Shin & Jeong, 2011). Ce concept peut être implanté le long de grandes voiries, avec accès par ascenseur depuis le niveau rue, ou directement à niveau avec les immeubles riverains. Il peut être équipé de panneaux solaires alimentant une soufflerie pour aider les cyclistes. Mais ce concept reste à mettre en œuvre avec des villes candidates.

[44] Elles pourraient être soumises à un péage, ce qui leur donnerait plus de valeur.

[45] Site de la European Cyclists' Federation, consulté 6 avril 2012
http://www.ecf.com/news/the-great-debate-when-is-a-bicycle-superhighway-a-superhighway/




Maquette de Bike Rapid Transit, hall du Koti (Korean Transport Institute), Corée du Sud, 08/09/2011

Photo Francis Papon

Le vélo a toute sa place dans les modes de déplacement de l'avenir, en ville, mais aussi sans doute en périphérie, tant l'ère du « tout automobile » est terminée. Cette place ne peut évidemment pas être exclusive : elle doit être combinée avec celle des autres modes, et notamment les transports collectifs ; l'existence d'un portefeuille de modes (multimodalité) pour offrir une mobilité choisie, et la combinaison de ces modes pour assurer le déplacement (intermodalité) doivent former le cœur des politiques de déplacement.

Mais le vélo ne pourra pas trouver sa juste place de manière spontanée : cela suppose la mise en œuvre de politiques publiques volontaristes, qui s'inscrivent dans la durée et dans la continuité de l'espace. Lorsque la voiture s'est imposée, à la fin des années cinquante et dans les années soixante, les pouvoirs publics ont trouvé les moyens des profondes transformations des infrastructures, de l'urbanisme, et de la réglementation qu'elle exigeait ; avec des moyens comparables, il est possible de développer un système vélo très performant.

Ces politiques concernent l'aménagement de la voirie, et plus généralement de l'espace urbain : réseaux cyclables, zones 30, stationnement vélo sur voirie. Elles touchent également à l'organisation des services de transport : stationnement vélo sécurisé, vélostations, vélos en libre service, location de vélos, embarquement des vélos dans les matériels de transport collectif. Elles intéressent aussi l'urbanisme : densification, polarisation autour des gares, localisation plus favorable des zones d'emploi et mixité des fonctions. Elles impliquent enfin les grilles tarifaires et fiscales : prix de l'énergie, péages, redevances de stationnement, impôts sur le bâti.

Si le vélo parvient à assurer 27% de tous les déplacements aux Pays-Bas, et 10% en Allemagne, c'est que dans ces pays les politiques en faveur du vélo sont déjà à l'œuvre depuis plus de vingt ans. En France, pour honorer l'objectif de 10% en 2020 du *Plan national vélo*, nos travaux mettent en évidence l'effort à conduire tout en traçant des pistes pour y parvenir.

# 7 Références[46]


Abours S., Soulas C. (2011) *Cartographie cycliste et innovation. Synthèse*. Rapport de recherche pour Itransport2.0. 133 p.

Adav, Airab (1992) *Lillàvélo, étude sur les conditions et les enjeux, d'une transformation de Lille en ville cyclable*. Rapport final pour l'Observatoire Communautaire de l'Environnement (Communauté Urbaine de Lille), octobre 1992, 53 p.

Albert de la Bruhèze A. A., Veraart F.C.A. (1998) *Fietsverkeer in praktijk en beleid in de twintigste eeuw. Overeenkomsten en verschillen in fietsgebruik tussen Amsterdam, Eindhoven, Enschede, Zuidoost-Limburg, Antwerpen, Manchester, Kopenhagen, Hannover en Basel*. Sitichting Historie der Techniek, Enschede/Eindhoven, Rijkswaterstaat-series n°61, The Hague, 1999.

Allaire J. (2007) *Formes Urbaines et Mobilité Soutenable, Enjeux pour les villes chinoises*. Thèse de doctorat soutenue à l'Université de Grenoble.

Allaire J. (2008) *Développement de la base de données Mostra 1.0*. Dans le cadre d'une coopération entre l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité et Act-Consultants, réalisée pour l'Action Spécifique « Perspectives Métropoles Globales » coordonnée par Etienne Henry

Allen P., Rouphail N., Hummer J.E., Milazzo II J.S. (1998) Operational Analysis of Uninterrupted Bicycle Facilities. *Transportation Research Record 1636*, *Bicycle and Pedestrian Research 1998,* TRB, Washington, DC, pp. 29-36.

Alonso W. (1964) *Location and land use : towards a general theory of land rent*. Havard University Press, Cambridge, Grande-Bretagne.

Altigraph (1985) *Guide du vélo en montagne*. Altigraph édition, Angers, juin.

Amoros E. (2009) Études cas-témoins sur l'effet du casque: bibliographie et résultats issus du Registre du Rhône. *Journée spécialisée Vélo et Casque*, Inrets, Lyon, 28 mai 2009

Amoros A., Martin J.L., Laumon B. (2008) Estimation de la morbidité routière, France, 1996-2004. *BEH* 19 / 6 mai

Armoogum J., Madre J.L. (1997) Du redressement des non-réponses totales aux contrôles sur la cohérence des réponses. *Recherche Transports Sécurité*, Ed. Dunod, n°57, pp.67-77

Armoogum J. (2002) *Correction de la non-réponse et de certaines erreurs de mesures dans une enquête par sondage. Application à l'enquête transports et communications 1993-1994*. Inrets, Coll. Rapport Inrets, n°239, 174 p.

Armoogum J., Madre J.L., Krakutovski Z. (2002) *Validation et amélioration de l'approche démographique de la mobilité urbaine*. Convention Adème-Inrets N 00 03 013, 12/2003, Inrets, 82p.

Armoogum J., Madre J.L., Gascon M.O., François D. (2010) Les enquêtes nationales et locales sur la mobilité : sources et méthodes, *La Revue du commissariat général au développement durable*, MEDDTL, pp. 207-218

Armoogum J., Roux S. (2011) *Mise en perspective des enquêtes nationales transport 1981-82, 1993-93 et 2007-08*. Rapport de recherche INRETS, DRI, 185 p.

Averous B., Coulon A., Durand J. (1977) *Recherche sur une nouvelle pratique du deux roues dans différents groupes socio-culturels*. Rapport du Bétérem pour le secrétariat d'état aux transports DGRST. 156 p.

Averous B. (1975) *L'essor du deux-roues : histoire d'une erreur de prévision*. Bétérem, SAEI, mars, 108 p.


[46] Liste donnée par ordre alphabétique des auteurs, que je sois impliqué dans ces travaux, ou qu'il s'agisse de références externes, et quelle que soit la nature du document. Mes travaux sont listés par catégorie dans la partie "CV détaillé" dans le tome 2.

Axhausen K.W. (2006) New survey items for a fuller description of traveler behaviour (biographies and social networks). *Transport Research Board (TRB) Travel Demand Forecasting Conference*, Austin, May 2006.

Bain P., Maujean S., Theys J. (2008) *Agora 2020 Vivre, habiter, se déplacer en 2020 : quelles priorités de recherche ?* Medad/Drast/CPVST

Barles S., Jardel S., Guillerme A. (2004) *Infrastructures de transports routiers, Parcs et trafics automobiles, France, 1900-1970 : étude exploratoire*. Rapport de recherche pour le compte de l'Inrets. 86 p.

Bartleet H.W. (1932) *Bartleet's Bicycle Book*. London: Burrow J. and co.

Beauvais J.M. (1996) *Estimation des parcours en deux-roues de 1965 à 1992*. Reçu 15 novembre. p.7.

Bertaux D. (1980) L'approche biographique. Sa validité méthodologique, ses potentialités. *Cahiers Internationaux de Sociologie*, vol LXIX, n° spécial "Histoire de vie et vie sociale", P.U.F. pp. 197-225

Bertho Lavenir C. (2011) *Voyages à Vélo - Du vélocipède au Vélib'*. Paris bibliothèques

Bertz E. (1900) *Philosophie des Fahrrads*. Dresden und Leipzig 1900. Korrigierter Neusatz Hildesheim 2011, Olms.

*Bicycling* (1989) Catalogue Schwinn ATB 1992 cité par Jeff Patterson dans la faq des listes <rec.bicycle.*> de Mike Iglesias, http://www.faqs.org/faqs/bicycles-faq/ consulté 10 avril 2012

Bœuf P., Papon F. (1990D) Politiques tarifaires et commerciales des exploitants d'infrastructures de transport: quelques éléments de réflexion. *Séminaire d'Economie des Transports* - ENPC - Paris - Mai 1990 - 8 pages.

Bois J. (2009) *Comment un vélo peut-il tenir en équilibre ?* La Vélocithèque. 55 p.

Boiteux M. (2001) Commissariat Général du Plan. *Transports : choix des investissements et coûts des nuisances*. Rapporteur Baumstark L.

Bolen J.R., Kresnow M.J., Sacks J.J. (1998) Reported bicycle helmet use among adults in the United States. *Archives of Family Medicine*, 7(1): 72-77.

Bonanomi L. (1990) *Le temps des rues. Vers un nouvel aménagement de l'espace rue*. Lausanne, Ecole polytechnique fédérale, 1990. 112 p.

Bonanomi L. (1996) « Pour un urbanisme de proximité ». In *Raisons et déraisons de la ville, approche du champ urbain* sous la direction de Jaccoud C., Schuler M, Bassand M. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. p. 360

Boucq E. (2008U) *Évaluation Economique d'une Infrastructure de Transport. L'exemple du tramway T2 Val de Seine*. Thèse de doctorat, Université de Lille 1 (direction Hubert Jayet).

Boucq E., Papon F. (2007C2) Taxing land owner benefits from a new transport infrastructure: where France rigid tax framework needs innovative engineering. *Second international conference on Funding Transportation Infrastructure*, Leuven, Belgium, September 20-21, 16 p.

Boucq E., Papon F. (2008A1, voir tome 2) Assessment of the real estate benefits brought by a light rail infrastructure, quantitative results from a hedonic approach with extensive field data in the Hauts-de-Seine department. *European Transport \ Trasporti Europei* n. 40 (2008): 51-68

Bouvier P. (1992) Le vélo et la santé : un bilan positif! *Vélo Forum Séminaire international pour la planification des aménagements cyclables*, Genève, 1-3 octobre. Tableau 3.

Brayshay M. (2004) Long distance royal journeys. Anne of Denmark's journey from Stirling to Windsor in 1603. *The Journal of transport history*, third series, Vol. 25, n°1, March, pp. 1-21.

British Medical Association (1992) *Cycling: Towards Health & Safety*. Oxford: Oxford University Press.

Bué N., Propeck E. (2010) *Analyse de l'insécurité des cyclistes dans la métropole lilloise*. Rapport de convention Inrets pour la DRI, Prédit groupe 2. 118 p.

Carré J.R. (1995) La bicyclette : un mode de déplacement méconnu dans ses risques comme dans son usage. *Recherche Transports Sécurité*, n° 49, pp. 19-34

Carré J.R., Noël N., Papon F. (1998B) Conférence internationale de planification pour la bicyclette Velo-City Barcelone, Espagne, 15 à 19 septembre 1997. Redécouvrir la bicyclette : stratégies pour une nouvelle mobilité. Revue pour *Recherche Transports Sécurité*, n°58 – Octobre-Novembre 1996, pp. 78-79.

Carrez G. (2010) *Grand Paris, financement du projet de transport*. La documentation française. www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000480/index.shtml

Cetur, Sofretu (1994b) *Analyse des coûts de déplacement : élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'un compte transport de voyageurs - Les dépenses monétaires, annexe méthodologique n°1* - février - 53 p.

Certu (2000) *Recommandations pour les aménagements cyclables*.

Chen X., Xiong W., Huang Z., Yang H. (2007a) Planning Bicycle Corridor for Shanghai Central City. *Transport Research Board (TRB) conference* 2007.

Chen X., Ye J., Li Y., Cen M. (2007b) Research on Characteristics Change of Transportation System during Urban Expansion of Shanghai. *Transport Research Board (TRB) conference* 2007

Cherry C. R. (2007) *Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts*. PhD dissertation, University of California at Berkeley.

Club des villes et territoires cyclables (2012) *Les politiques en faveur des piétons et des cyclistes dans les villes françaises. Résultats synthétiques de l'enquête nationale 2010/2011*. Observatoire des mobilités actives. 20 p.

CNPC (2012) Site web du Conseil National des Professions du Cycle. Consulté 17 février 2012 http://www.tousavelo.com/Lhistoire-du-CNPC/0334.html

CNRTL (2012) *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*. ATILF – CNRS http://www.cnrtl.fr/

Coindet J.P., Papon F., (2001K1) Suivi de la mobilité locale en Ile-de-France, Test d'une enquête longitudinale. Poster au *carrefour du Prédit*, Paris, 12-14 juin.

Coindet J.P., Papon F, (2001K2) A Panel for the Monitoring of Urban Travel Plans. *Séminaire Prospective de la Mobilité dans les Métropoles*. Arcueil, 13 novembre.

Collet R. (2007U) *Dynamique de la motorisation et usage de l'automobile en France. L'Ile-De-France en perspective.* Thèse de doctorat de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne (direction François Gardes), 280 p.

Commission Européenne (2001) *Livre blanc* intitulé "La politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix".

Consortium Bahn.Ville (2004M1) *Enseignements du projet Bahn.Ville. Ergebnisse und Hinweise für die Planungspraxis aus dem Projekt Bahn.Ville* (88 p. en français + 88 p. en allemand).

Cour des Comptes (2010) *Les transports ferroviaires régionaux en Île-de-France*. 17/11/2010 www.ccomptes.fr/fr/CC/Theme-221.html

Courgeau D. (1985) Interactions between spatial mobility, family and career life cycle. *European Sociological review*, n·2.

Courgeau D. (1991) Analyse des données biographiques erronées. *Population*, vol.46, n°1, pp.89-104.

Crawford J.H. (2000) *Carfree cities*. International Books. 324 p.

Cuenot F., Papon F. (2007C3) Is The Automotive Industry Able To Reach 120gco2/Km On Average On New Car Sold By 2012 With No Regulation From The EU? Tank-To-Wheel Analysis Of The West And East European Production From 1995 To 2005 And Prospective To 2012. *European Transport Conference*, Noordwijkerhout, Netherlands, October 17-19, 15 p.

Cuenot F., Fulton L., Staub J. (2010U) The prospect for modal shifts in passenger transport worldwide and impacts on energy use and CO2. *Energy Policy*,doi:10.1016/j.enpol.2010.07.017

Curnow W.J. (2005) The Cochrane Collaboration and bicycle helmets. *Accident Analysis and Prevention* 37 (2005) 569–573

*Cycling performance tips* (1999) à http://www.halcyon.com/gasman,/welcome.htm d'après notamment Rafoth, 1993 et Whitt & Wilson, 1982

DATAR (2003) *La France en Europe : quelle ambition pour la politique des transports ?* Documentation française - Etude prospective établie par la Datar sous la direction de Dominique Parthenay et Michel Vermeulen – 310 p.

De Jong P. (2009) Evaluating the health benefit of bicycle helmet laws. Submitted preprint to *BMJ*.

De Lapparent M. (2005) Individual cyclists' probability distributions of severe/fatal crashes in large French urban areas. *Accident Analysis and Prevention* 37 (2005) 1086–1092

De Solère R., Papon F. (2009D2) La mobilité à pied : que nous apprennent les dernières enquêtes ? *Colloque de la PFI COPIE Le piéton : nouvelles connaissances, nouvelles pratiques et besoins de recherche*, Lyon-Ecully 5-6 novembre 2009.

Diallo, M.S. (2005U) *Pratiques automobiles : l'alternative location/possession*. Mémoire de Maîtrise des sciences et techniques en méthode de prévision et modélisation, Université Paris IX Dauphine, Inrets, 78 p. (encadré par L. Hivert et F. Papon).

Diana M. (2005U) *An exploratory web-based attitudinal travel survey administered to INRETS staff*. Les collections de l'INRETS - Outils et Méthodes No. 12, Paris, ISBN 2-85782-623-0, 187pp.

Diana M. (2006U) Utilité primaire des déplacements et multimodalité : conception et réalisation d'un outil d'enquête novateur. RTS *Recherche Transports Sécurité*, 93, 1-16 (in French).

Diana M. (2008) Making the "primary utility of travel" concept operational: a measurement model for the assessment of the intrinsic utility of reported trips. *Transportation Research Part A*, 42(3), 455-474.

Diana M. & Mokhtarian P.L. (2009) Desire to change one's multimodality and its relationship to the use of different transport means. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 12, Issue 2, March 2009, Pages 107-119

Dobias G., Papon F. (1990J) Des voies souterraines en Ile-de-France. *Transports*, n°340, Paris, Mars 1990, pp.176-181.

Duerden W. (1999) Psychopaths on cycle paths? Attitudes to cycling and how to change them. *Proceedings of the Velo-City '99 Conference* held in Graz, Austria, and Maribor, Slovenia, April

Dumont M., Mercat N., Baholet S., Giraud H. (2009) Dossier économie du vélo. *Grand Angle Atout France* hors série n°6. 36 p.

Emo S. (2004) *Activité physique et Santé : étude comparative de trois villes européennes*. Thèse pour le doctorat en médecine soutenue à la faculté mixte de médecine et de pharmacie de Rouen.

Eriksson L. (2009) *A psychological perspective on factors important for bicycle use. A literature review.* VTI 30 p. (en suédois)

Esther J. (1995) *Le comportement routier de la bicyclette vu sous l'angle de la sécurité*. Note 10 mars. 19 p. + planches

Farris C., Spaite D.W., Criss E.A., Valenzuela T.D., Meislin H.W., (1997) Observational Evaluation of Compliance With Traffic Regulations Among Helmeted and Nonhelmeted Bicyclists. *Annals of Emergency Medicine*, 29(5): 625-629

Flamm M. (2004) *Comprendre le choix modal. Les déterminants des pratiques modales et des représentations individuelles des moyens de transports*. Thèse sous la direction de M. Bassand, Lausanne, EPFL.

Fleay B.J. (1996) Bicycles and transport beyond oil. *Proceedings of Velo Australis International Conference "Bicycles: a Global Solution to Local Problems"*. Fremantle, Australie occidentale du 27 octobre au 1er novembre 1996, pp.53-69

Flonneau M. (2008) 1996-2008 Douze ans de politique cyclable à Paris. *Colloque 12 ans du vélo*. Paris 19 janvier.

Forester J. (1976) *Effective Cycling*. First edition, 1976; Sixth edition, The MIT Press, 1993.

François D. (2010) Se rendre au travail : distances et temps de transport s'allongent. *La Revue du Commissariat général au développement durable*, Service de l'observation et des statistiques, pp. 83-98.

Fub (2012) Site web de la Fédération des Usagers de la Bicyclette. http://www.fubicy.org/ Consulté 23 février 2012.

Gallez C., Orfeuil J.P., Polacchini A. (1997) L'évolution de la mobilité quotidienne. Croissance ou réduction des disparités ? *Recherche Transports Sécurité* n°56, Juillet-Septembre, pp. 27-42

Gallez C. (2002) Indicateurs de comparaison de scénarios prospectifs. *Recherche Transports Sécurité*, n°77, pp. 281-296

Gart (2000) *Bonnes pratiques pour des villes à vivre : à pied, à vélo*. Gart. Avril. 128 p.

Gart (2009) *Tour de France des services vélo. Résultats d'enquête et boîte à outils à l'attention des collectivités*. Gart. Mai. 92 p.

Gbahoué A. (2006U) *Les changements des comportements de mobilité en Chine : Vers des pratiques de déplacement reflétant la hiérarchie sociale ?* Mémoire de Master 2 de l'Université de Lyon II soutenu le 29 Septembre à Lyon, 137 p. (encadré par F. Papon).

Geary R. (2006) Do enforced bicycle helmet laws improve public health? Determining true effectiveness of safety measures. *BMJ* 2006; 332:852 (8 April)

Genter J. A., Donovan S., Petrenas B., Badland H. (2008) *Valuing the health benefits of active transport modes*. New Zealand Transport Agency Research Report 359

Ginsberg G.M., Silverberg D.S. (1994) A Cost-Benefit Analysis of Legislation for Bicycle Safety Helmets in Israel. *American Journal of Public Health*. April 1994, Vol 84 No4.f

Goujon P. (dir.) (2012) *Plan national vélo* établi par le groupe de travail pour le développement de l'usage du vélo. Présenté à Thierry Mariani, ministre des transports, à Paris, le 26 janvier 2012. 31 p.

Grous A. (2011) *The British Cycling Economy*. London School of Economics for Sky and British Cycling. 24 p.

Hagel B., Macpherson A., Rivara F.P., Pless B. (2006) Arguments against helmet legislation are flawed. *BMJ* 2006;332:725–6

Hamer M. (2005) Brimstone and bicycles. *New Scientist Environment* N°2484, 29 January

Harper D. (2012) *Online Etymology Dictionary*. http://www.etymonline.com/

Henry E., Coindet J.P., Kuhn F., Papon F. (2004) *Perspectives Métropolitaines Globales*. Motion de recherche. Inrets, 30 p.

Héran F. (1996) avec la collaboration de Paques A., Tostain P., Metzger E. *Les enjeux et les impacts d'une politique de ville cyclable*. Étude réalisée par l'Ifrési pour l'Adème. Juin. 116 p.

Héran F. (2000) *Transports en milieu urbain : les effets externes négligés*. Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (Prédit). La Documentation Française. 118 p.

Héran F. (2012) *Vélo et politique globale de déplacements durables*. Convention Prédit n° 09/243. 114 p.

Hivert L., Papon F. (2002B1) Avant-propos : le projet prospective de la mobilité urbaine à mi-parcours. *Recherche Transports Sécurité*, n°77, pp. 239-242.

Hivert L., Papon F. (2003M2) *Projet Promu, dossier préparatoire à l'évaluation par le CS de nov. 2003*. Juin, 88 p.

Hivert L., Wingert J.L. (2010) Automobile et automobilité : quelles évolutions de comportements face aux variations du prix des carburants de 2000 à 2008 ? In *Pétrole, mobilité, CO2 : Les politiques publiques et l'automobilité face à la variation des prix du pétrole*. Rapport Final : mai 2010. Crozet (ED), Prédit4-DRI, pp.43-101

Houée M. (1978) Les déplacements domicile-travail. In *Dossier d'exploitation de l'enquête Insée sur les conditions de transport des ménages en 1973-1974*. Juillet. 20 p. SAEF, Ministère des Transports

Huault P. (1996) *Évolution de la mobilité des personnes de 1982 à 1994*. Note de Synthèse n° 105, Septembre, 4 p.

Hubert J.P. (2009) Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs. *Insee première* n°1252.

Hupkes G. (1982) The law of constant travel time and trip-rates. *Futures*, 14, 38-46.

Huré M. (2009) La création d'un réseau de villes : circulations, pouvoirs et territoires. Le cas du Club des Villes Cyclables (1989-2009). *Métropoles* N°6. 216-255.

Hynd D., Cuerden R., Reid S, Adams S. (2009) *The potential for cycle helmets to prevent injury - a review of the evidence.* Transport Research Laboratory report PPR446

Île-de-France (2009) *Plan de mobilisation*. www.iledefrance.fr/missions-et-competences/amenagement-transports/le-plan-de-mobilisation-pour-les-transports/

Illich I. (1973) *Énergie et équité*. Paris, Le Seuil.

Inrets (1989N0) *Laser : rapport d'expertise*. Inrets, Arcueil, 13 janvier 1989, 90 p.

Insee (1971) Note n°504/450 du 17 février.

Ivers R. (2007) Systematic reviews of bicycle helmet research. *Injury Prevention* 2007;13:190

Jacobsen P.L. (2003) Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention* 2003;9:205–209

Julien A. (2000) *Aménagement cyclable et espace urbain*. Association Métropolis, 122 p. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipdgmt/pdf/amenagement_cyclable_cle7743ac.pdf

Julien P. (2003) « L'évolution des périmètres des aires urbaines 1968-1999 », in : Denise Pumain and Marie-Flore Mattei (coordonné par), *Données urbaines 4*. Paris : Anthropos : 11-20.

Kaufmann V. (1997) « Eco-mobilité : choix modal et vie quotidienne », *Mobilité urbaine et déplacements non motorisés : situation actuelle, évolutions, pratiques et choix modal*. Rapport d'étude INRETS Vol.III.

Kaufmann V. (2000) *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines. La question du report modal*. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.

Kaufmann V. (2002) « Temps et pratiques modales. Le plus court est-il le mieux ? », *RTS Recherche, Transports, Sécurité*, n°75.

Kaufmann V. (2006) « Motilité, latence de mobilité et modes de vie urbains », in Bonnet M., Aubertel P. (Dir.), *La ville aux limites de la mobilité*, coll. Sciences Sociales et sociétés, PUF.

Kaufmann V., Jemelin C., Guidez J.M. (2001) *Automobile et modes de vie urbains : quel degré de liberté ?* Coll. Recherche, Prédit, La Documentation Française.

Kingham S, Taylor K, Koorey G. (2011) *Assessment of the type of cycling infrastructure required to attract new cyclists*. New Zealand Transport Agency Research Report 449

Knoflacher, H. (1993) Verkehrsmanagement. *24. Budapester internationale wissenschaftliche Beratung für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik*. Budapest, Hongrie, 27-29 Avril 1993. Actes pp.115-130

Kobayashi K. (1993) *Histoire du vélocipède de Drais à Michaux 1817-1870: Mythes et réalités*. Tokyo, Bicycle culture center

Lambert B. (2004) *Cyclopolis, ville nouvelle. Contribution à l'histoire de l'écologie politique*. Genève : Georg, 285 p.

Lelièvre E. (dir.) (1999) *Biographies d'enquêtes. Bilan de 14 enquêtes biographiques*. Paris, Ined, IRD, Réseau Socio-Économie de l'Habitat, collection Méthodes et Savoirs, 340 p.

Let (collectif) (2006) *Les transports En Chine En 2050*.

Loskorn J. A., Mills A. F., Brady J. F., Duthie J., Machemehl R. B. (2011) Effects of Bicycle Boxes on Bicyclist and Motorist Behavior at Intersections. *Transport Research Board (TRB)* paper 11-0929

Louvet N., Kaufmann V. (dir.) Tillous M., Moretto S. (2008) Le vélo en couronne dense : aspirations, usages et potentialités de développement. Rapport final 6T pour le Club des Villes Cyclables avec le soutien de la Coordination interministérielle pour le développement du l'usage du vélo. 73 p.

Macpherson A., Spinks A. (2007). Bicycle helmet legislation for the uptake of helmet use and prevention of head injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;2:CD005401.

Madre J.L., Berri A, Papon F. (1999C) Can A Decoupling Of Traffic And Economic Growth Be Envisaged? *ESF/NSF Transatlantic Research Conference On Social Change And Sustainable Transport* (Scast) - Berkeley, USA, 10-13 mars 1999.

Madre J.L., Berri A., Papon F. (2002E1, voir tome 2) Can a decoupling of traffic and economic growth be envisaged? in Black W. R., Nijkamp P. (Eds.), *Social Change and Sustainable Transport*, Indiana University Press, Bloomington, pp. 209-216, (sélection des communications à la ESF/NSF Transatlantic Research Conference, Berkeley, March 1999)

Malgras-Serra A. (2006) *Karl Drais – la nouvelle biographie*. Goethe-Institut Mannheim-Heidelberg & ADFC Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club Mannheim. http://www.karl-drais.de

Marche R., Papon F. (1989C) L'évaluation économique d'un réseau de voies rapides urbaines à péage, l'exemple du projet Laser pour l'agglomération parisienne. *5ème Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports*, Yokohama, Japon, 10 Juillet 1989, 15 p.

Marchetti C. (1994) Anthropological invariants in travel behavior. *Technological Forecasting and Social Change*, 47(1), 75-88.

Mariot J.P. (1984) Mechanics of cycling. *Revue de physique appliquée*, (Paris) 19, 349-357

Marmorstein (Wynter) L. (1995U) *Advances in the theory and application of the multi-class traffic assignment problem*. Thèse ENPC (direction Georges Dobias).

Martin J.C., Milliken D.L., Cobb J.E., McFadden K.L., Coggan A.R. (1998) Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power. *Journal of Applied Biomechanics*, 14, pp.276-291.

Massot M.-H., Armoogum J., Hivert L. (2002) *Pari 21 : Étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense parisienne*. Rapport de recherche Inrets n° 243, 192 p., mars.

Maupu J.L. (2006G) *Ville creuse pour un urbanisme durable*. Paris : l'Harmattan. (Lauréat SNCF du prix de la recherche, mention durable).

McNeil N. W. (2011) Bikeability and the Twenty-Minute Neighborhood: How Infrastructure and Destinations Influence Bicycle Accessibility. *Transport Research Board (TRB)* paper 11-1552

Menke R. (1984) Man and his transport behaviour. Part 2b Non-motorized travel and the regional structure of land-use. *Transport Reviews*, Vol. 4, No 2, pp.189-200

Mercat N. (1999) Modelling of bicycle journeys : using energy expended rather than journey time or distance. *Conférence Velo City « The bicycle crossing frontiers »* Graz-Maribor, 13-16 avril. Actes, p.557.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009) *Cycling in the Netherlands*. Fietsberaad, 39 p.

Mokhtarian P.L., Salomon I. (1999) Travel for the Fun of it. *Access* (a publication of the University of California Transportation Center), 15, 26-31.

Mokhtarian P.L., Salomon I. (2001) How derived is the demand for travel? Some conceptual and measurement considerations. *Transportation Research Part A*, 35(8), 695-719.

Mokhtarian P.L., Salomon I., Redmond L.S. (2001) Understanding the demand for travel: It's not purely 'derived'. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 14(4), 355-380.

Mokhtarian P.L. (2005) Travel as a desired end, not just a means. *Transportation Research Part A*, 39(2-3), 93-96.

Monsere C. M., Dill J., McNeil N. W. (2011) Evaluation of Bike Boxes at Signalized Intersections. *Transport Research Board (TRB)* paper 11-0810

Morellet O., Marchal P. (1995) *Matisse : un modèle de trafic intégrant étroitement contexte socio-économique et offre de transport*. Inrets, Coll. Rapport Inrets, N°203, 99 p.

Moriconi-Ébrard F. (2000) *De Babylone à Tokyo. Les grandes agglomérations du Monde*. Collection Géophrys. Ophrys, Paris. 344 p.

Moritz W.E. (1997) Survey of North American Bicycle Commuters: Design and Aggregate Results. *Transportation Research Record 1578*, *Bicycle and Pedestrian Studies 1997*, TRB, Washington, DC, pp. 91-101

Nguyen-Luong D., Papon F., Boucq E. (2010C2) Impact of the T3 tramway in Paris on housing real estate prices: a hedonic approach with accurate geocoding of transactions. First results. *World Conference on Transport Research (WCTR)*, Lisbon, 15 July 2010. 33 p.

Nguyen-Luong D., Boucq E., Papon F. (2011M3) *Evaluation de l'impact du T3 sur les prix de l'immobilier résidentiel*. Rapport final pour le Prédit 08 MT SO 12. 100 p.

Ni J. (2007) Doing Survey Research in China Case Study of Motorization in Shanghai. Presentation for Technical Conference at the *20th ICTPA Annual Meeting*.

OCDE (1994E) *Gérer la congestion et la demande de trafic routier*. OCDE - Paris - 1994 – 156 p. (en français et en anglais)

Oppenheimer C. (2003) Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic éruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography* 2003 27: 230.

Orfeuil J.P. (1993) Énergie, environnement, fiscalité, déplacements quotidiens. Inrets, Décembre, 133 p.

Orfeuil J.P. (1997) *Analyse des pertes de clientèles du transport public francilien*. Inrets. Janvier. 40 p.

Orselli J. (2009) *Usages et usagers de la route, mobilité et accidents 1860 – 2008*. Conseil général de l'environnement et du dveloppement durable. Rapport n° 2005-0457-01. 3 tomes, 1380 p.

Pan H., Shen Q., Zhang M. (2006) Influence of Urban Form on Travel Behaviour in Four Neighbourhoods of Shanghai. *Transport Research Board (TRB)* 2007. 17 p.

Papon F. (1988U) *Comment appliquer une juste tarification économique de la circulation routière urbaine?* Mémoire de DEA, ENPC, Université de Paris XII, Inrets. Paris, juin 1988, 83 p.

Papon F. (1988J) Tarification de la congestion et effets redistributifs. *Transports* n°330, Paris, Juillet 1988, pp. 332-336.

Papon F. (1990L) *Tarification et investissement optimaux des infrastructures de transport et aspects redistributifs : description du modèle quantitatif simple Pressé*. NT22 - Inrets - Arcueil - 2 Juillet 1990 - 127 pages.

Papon F. (1990M29) *Projet Pulsar, Drive Project Number V1066, Tâche 2.3: Amélioration du modèle, Observations sur les enquêtes-tests effectuées sur le site de Paris/Luxembourg* - NT29 - Inrets - Arcueil - 11 Juin 1990 - 41 pages.

Papon F. (1990M30) *Pulsar Project, Drive project number V1066, Workpackage 2: drawing up tool for evaluation of trouble caused by on-street parking and loading/unloading, Description of Supernova model* - NT30 - Inrets - Arcueil - 19-Juillet 1990 - 161 pages.

Papon F. (1990M32) *Projet Pulsar, Drive Project Number V1066, Tâche 3.2.: Evaluation des stratégies, Observations sur les enquêtes effectuées sur le site de Birmingham/Great Charles Street* - NT32 - Inrets - Arcueil - 28 Novembre 1990 - 59 pages.

Papon F. (1990M33) *Projet Pulsar, Drive Project Number V1066, Tâche 3.2.: Evaluation des stratégies, Observations sur les enquêtes effectuées sur le site de Lisbonne/Picoas* - NT33 - Inrets - Arcueil - 12 Décembre 1990 - 56 pages.

Papon F. (1991B) Une formalisation des coûts sociaux produits sur la voirie urbaine. *Cahiers Scientifiques du Transport*, 23 p.

Papon F. (1991C1) Do First Class Roads Relieve Congestion in an Efficient and Socially Equitable Way? *PTRC 19th Summer Annual Meeting*, Brighton, UK, 9-13 Septembre 1991, 12 p.

Papon F. (1991C2) Les "Routes de Première Classe" : Un Péage Urbain Choisi par l'Usager. *Quatrièmes Entretiens Jacques Cartier : La régulation des déplacements urbains par leurs prix* - Lyon - 4-6 Décembre 1991 - 19 pages. Sur invitation

Papon F. (1991U) *Les "Routes de Première Classe" : Une tarification différenciée de la circulation en agglomération pour en améliorer l'efficacité économique de manière socialement équitable*. Thèse de doctorat, mention "urbanisme", option "transport". Université de Paris XII, Inrets. Arcueil, Avril 1991, 4 tomes.

Papon F. (1992B) Une modélisation de l'équilibre local du stationnement : Supernova et son application dans quatre villes européennes. *Recherche Transports Sécurité* n°34, juin 1992, pp. 37-48.

Papon F. (1992C1) Un calcul des coûts de congestion et des péages optimaux dans la zone régulée au centre de Paris. *6ème Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports* - Lyon - 29 Juin-3 Juillet 1992.

Papon F. (1992C2) Un petit modèle bidimensionnel décrivant l'univers des déplacements. *6ème Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports* - Lyon - 29 Juin-3 Juillet 1992.

Papon F. (1992E1) Doit-on laisser le concessionnaire fixer librement ses tarifs? *In Transports et théorie économique/Actes du Séminaire d'Economie des Transports de l'ENPC* - Presses de l'Ecole Nationale des Ponts-et-Chaussées - Paris -pp.57-88.

Papon F. (1992E2) *Péage urbain/Les routes de première classe*. Paradigme - Caen - 1992 –318 p.

Papon F. (1992L) *Modèle Supernova de l'équilibre local de stationnement*. Développement dans le cadre du projet Européen Drive II : Pulsar avec études de cas à Paris, Lisbonne, Barcelone et Birmingham.

Papon F. (1992M0) *Gestion spatio-temporelle et multimodale du trafic de voyageurs et de marchandises sur le corridor nord-sud français. Plan du projet de recherche (2ième version)* - Inrets - Arcueil - 27 Janvier 1992- 31 pages.

Papon F., Leurent F., Milot J. (1992M3) *Rapport de la tâche T3 : Identification de la congestion*. Inrets, Arcueil, 1992, 174 p.

Papon F. (1992M4) *Rapport de la tâche T4 : Cadrage théorique de la tarification de la congestion*. Inrets, Arcueil, 1992.

Papon F. (1992M35) *Projet Pulsar, Drive Project Number V1066, Tâche 3.2.: Evaluation des stratégies, Observations sur les enquêtes effectuées sur le site de Barcelone, quartier de Eixample* - NT35 - Inrets - Arcueil - 10 Janvier 1992 - 67 pages.

Papon F., Faivre d'Arcier B. (1993M1) *Rapport de la tâche T1 : Analyse des pratiques tarifaires actuelles*. Inrets, Arcueil, 1993.

Papon F., Papinutti M. (1993M2) *Rapport de la tâche T2 : Etude des contraintes institutionnelles*. Isis, Inrets, Arcueil, 1993, 2 tomes.

Papon F. (1995B) Simulation du trafic sur l'axe nord-sud français : quelques éléments sur le projet Dégagement. *Recherche Transports Sécurité* n°46, mars 1995, pp.23-38.

Papon F., Papinutti M., Wynter L. (1995M5) *Le modèle de simulation, volet marchandises (tâches T5, T8, T10)*. Inrets, Arcueil, Juillet 1995, 100 p.

Papon F. (1995M6) *Le modèle de simulation, volet voyageurs (tâches T6, T9, T11)*. Inrets, Arcueil, Juillet 1995, 58p.

Papon F., Lefaux V., Leurent F. (1995M7) *Le modèle de simulation, volet commun (tâches T7, T8, T9, T12)*. Inrets, Arcueil. Juillet 1995, 112 p.

Papon F. (1995M10) *Note de synthèse de la convention Datar n°94.10*. Inrets, Arcueil, Juillet 1995, 20 p.

Papon F. (1995M14) *Premier rapport intermédiaire de la convention Datar n°95.19 (tâche T14).* Inrets, Arcueil, Juillet 1995, 26 p.

Papon F. (1996B) Conférence internationale sur la bicyclette Velo Australis “La bicyclette : une solution globale à des problèmes locaux”. Fremantle, Australie occidentale du 27 octobre au 1er novembre 1996. Revue pour *Recherche Transports Sécurité*, n°53 – Janvier-Mars 1997, pp. 82-84.

Papon F. (1996M2) *De la nécessité de rendre compte de la diversité dans les calculs économiques en transports urbains*. Note pour le groupe Transports Urbains et Calcul Economique, 3 mai 1996, 3 p.

Papon F. (1997B, voir tome 2) Les modes oubliés : marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette. *Recherche Transports Sécurité*, n°56 - Juillet-Septembre 1997, pp. 61-75.

Papon F. (1997M2) *Analyses statistiques et pistes de recherche sur la mobilité à pied et à bicyclette en France.* Volume 1 du rapport final de la phase préparatoire de la recherche Eco-mobilité “Mobilité urbaine et déplacements non motorisés ; situation actuelle, évolutions, pratiques et choix modal”. Inrets. Rapport de convention pour le Ministère de l’Environnement (DGAD/SRAE) et le Ministère de l’Equipement, du Logement, des Transports et du Tourisme (Drast). Décembre 1997. 166 p.

Papon F. (1997M3) *Méthodes innovantes de financement des routes en France*. Rapport Inrets n°213, Avril 1997, 124 p.

Papon F. (1998C1) Comparaison Des Principes De Financement Des Routes Dans Différents Pays. *Le financement de la route, construction, entretien, exploitation/Road financing, construction, maintenance and operation Symposium international* – AIPCR. Paris, 4, 5 et 6 novembre 1998.

Papon F. (1998C2) Implementing travel demand management is difficult. Some elements from the French situation. *International Symposium on Travel Demand Management*: 8-10 July 1998, University of Newcastle-upon-Tyne, UK.

Papon F. (1999E) Simulation du trafic sur l’axe nord-sud français : quelques éléments sur le projet Dégagement. In *Modélisation du trafic*, Actes du groupe de travail 1996. Actes Inrets n°64. pp. 141-156.

Papon F. (1999M1) *La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages. Volume 1 : typologie des cyclistes.* Rapport de convention pour le Ministère de l’Aménagement du territoire et l’Environnement. Mai. 101 p.

Papon F. (1999M2) *La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages. Volume 2 : typologie des piétons.* Rapport de convention pour le Ministère de l’Aménagement du territoire et l’Environnement. Mai. 137 p.

Papon F., Julien A. (1999M3) *La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages. Volume 3 : La marche et la bicyclette dans les grandes villes françaises*. Rapport de convention pour le Ministère de l’Aménagement du territoire et l’Environnement. Octobre. 250 p.

Papon F. (1999M4) *La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages, Volume 4 : la marche et la bicyclette en France depuis 1967*. Rapport de convention pour le Ministère de l’Aménagement du territoire et l’Environnement. Octobre. 50 p.

Papon F. (1999M5) *La marche et la bicyclette dans les enquêtes ménages, Compte-rendu final*. Rapport de convention pour le Ministère de l’Aménagement du territoire et l’Environnement. Octobre. 12 p.

Papon F. (1999M6) *Marche bicyclette : économie générale*. Document de travail confidentiel. Août. 74 p.

Papon F. (1999M7) *L’internet à vélo (Wélo)*. Document de travail confidentiel. Rapport provisoire. 590 p.

Papon F. (2000D1) Typologie des cyclistes. *Séminaire «Éco-mobilité» Prospective de la Mobilité dans les Métropoles*. Arcueil. 20 mars.

Papon F. (2000D2) Typologie des piétons. *Séminaire «Éco-mobilité» Prospective de la Mobilité dans les Métropoles*. Arcueil. 20 mars.

Papon F. (2000D3) La mobilité à pied et à bicyclette dans les enquêtes nationales sur les transports. *Séminaire «Éco-mobilité» Prospective de la Mobilité dans les Métropoles*. Arcueil. 20 mars.

Papon F. (2000D4) Perspective mondiale de la place de la marche et du vélo. *Séminaire «Éco-mobilité» Prospective de la Mobilité dans les Métropoles*. Arcueil. 20 mars.

Papon F. (2000Y). *«Éco-mobilité».* Actes du séminaire Prospective de la Mobilité dans les Métropoles. Arcueil. 20 mars.

Papon F. (2001C1) Towards the end of the decline of walking and cycling in France ? *9th World Conference on Transport Research (WCTR)*. Seoul, Korea, 25-27 Juillet 20 p.

Papon F. (2001C2) The walking classes in France. *9th World Conference on Transport Research (WCTR)*. Seoul, Korea, 25-27 Juillet, 20 p.

Papon F. (2001C3) « Perspective de la mobilité urbaine : après la transition vers l'automobile sur le modèle américain, l'Europe cherche un nouvel équilibre plus multimodal. » *Colloque Croissance urbaine, modes de transport et intermodalité*, Chengdu, Chine, 29-30 octobre.

Papon F., Soulas C. (2001D) Le PDU d'Ile-de-France, le rôle des modes alternatifs. *Débat du groupe X-Environnement*, Paris, 6 février.

Papon F. (2001J) Evolution de la mobilité dans le monde : quelle place pour la bicyclette ? *Vélocité* n°63, revue de la Fubicy, Strasbourg, Septembre/Octobre, pp. 23-25.

Papon F., Armoogum J., Coindet J.P., Madre J.L. (2001M1) *Suivi de la mobilité locale en Ile-de-France, Test d'une enquête longitudinale*. Rapport de convention Adème - Prédit, Mars. www.innovations-transports.fr/IMG/pdf/231-SAdeme32.pdf

Papon F. (2002B2, voir tome 2), Prospective de la mobilité en Ile-de-France : les apports et les limites d'une démarche économétrique. *Recherche Transports Sécurité*, n°77, pp. 243-258.

Papon F. (2002E2, voir tome 2) Mûrissement social et pratique de la bicyclette. In *Démographie et demande de transport : villes du nord et villes du sud*, L'Harmattan, Paris. pp.263-288.

Papon F. (2002J1, voir tome 2) La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 1ère partie : le temps et l'argent. *Transports*, n°412, pp.84-94.

Papon F. (2002J2, voir tome 2) La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 2ème partie : la santé et la sécurité. *Transports*, n°413, pp.187-197.

Papon F. (2002J3, voir tome 2) La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 3ème partie : la collectivité. *Transports*, n°414, pp.232-242.

Papon F. (2002Q1) L'automobile sédentarise : Activités physiques et transport quotidien. *Confédération Européenne Sport-Santé, 7ème jeux européens sport-santé, Congrès – forum d'été*, Paris, 29 juin 2002

Papon F. (2003E1, voir tome 2) La ville à pied et à vélo. *Données Urbaines 4*. Anthropos. Paris : Economica 75-86.

Papon F. (2003E2, voir tome 2) Perspective de la mobilité urbaine. *Croissance urbaine, modes de transport et intermodalité*, Pan Haixiao et Doulet Jean-François (éd.) - Shanghai : Presse de l'Université de Tongji, Actes du colloque de Chengdu, 29-30 octobre 2001, pp. 16-27 (en français et en chinois)

Papon F., Madre J.L. (2003J1, voir tome 2) Existe-t-il des seuils de saturation de la mobilité des personnes? *Réalités Industrielles*, une série des Annales des Mines, éditions Eska, pp. 21-26. http://www.annales.org/ri/2003/ri-auto-11-03.html

Papon F. (2003K2) Transport quotidien, activités physiques et santé : données statistiques et évaluation. *Conférence Velo-City*, Paris, 23-26 septembre.

Papon F. (2003K3) La bicyclette n'est-elle qu'un épiphénomène dans la transition de la mobilité ? *Conférence Velo-City*, Paris, 23-26 septembre.

Papon F. (2003K4) Mobility Transition: From Walking To Personal Automobile. *T2M conference* in Eindhoven, Netherlands, Thursday 6 - Sunday 9 November 2003.

Papon F. (2004C2, voir tome 2) Mobility transition: from walking to personal automobile. *World Conference on Transport Research (WCTR)*, Istanbul, Turkey, July 4-8, 16 p.

Papon F. (2004K1) La transition de la mobilité et de la ville. Diaporama présenté au forum universitaire villes du monde et développement durable, gouvernons nos villes pour demain, Poitiers, 30-31 Mars. sur invitation

Papon F. (2004K2) Bilan du projet Promu. Présentation au *séminaire de clôture du projet Promu*, le Kremlin-Bicêtre, 7 Décembre 2004. Organisateur

Papon F. (2004M2) *Note sur l'intérêt de la Dynamique des Systèmes pour le projet Bahn.Ville*. Projet Bahn.Ville étape 7. 7 p.

Papon F. (2004P6) *Intégrer la marche et le vélo dans les comptes de déplacement et l'évaluation de politiques de transport*. Fiche PROMU.

Papon F. (2004P7) *L'usage de la marche et du vélo*. Fiche PROMU.

Papon F. (2004P8) *La transition de la mobilité : De la marche à la voiture*. Fiche PROMU.

Papon F., Soulas, C. (2004P9) *Transports ferroviaires légers régionaux. Prochain arrêt : la ville de demain ?* Fiche INRETS n° R5 et fiche PROMU.

Papon F. (2005P1) La marche et le vélo : bon pour la santé, bénéfique pour l'économie ! *Sur la route... la sécurité. Paroles de Chercheurs*. Les collections de l'INRETS. p. 59.

Papon F., Hivert L. (2006C) Adulterous behaviour within the car-owner couple: some analyses from French panel data on car rental and car sharing within households. *11th IATBR Conference*, Kyoto, Japan, August 16-20, 17 p.

Papon F., Hivert L. (2006D) Panel Parc-Auto : qui loue ? Qui partage ? *Colloque de la chaire universitaire de l'Institut de la Ville en Mouvement : "Acheter ou louer les biens de consommation ? Une question de société. Des enjeux pour la ville en mouvement"*, 26-27 Janvier, Paris, 9 p. sur invitation

Papon F., Henry E., Kuhn F., Gbahoué A., Yeh C.F. (2006M2) *Compte rendu de mission à Shanghai, Chine*, du 2 au 12 août 2006 (collectif), 56p

Papon F. (2006P1) *Modes doux, marche et vélo cherchent leur place dans les transports*. Fiche d'actualité scientifique INRETS n° 16.

Papon F. (dir), Henry E. et al. (2006P2) 29 fiches présentées en français et en anglais pour le comité de pilotage PMG du 13 juin 2006.

Papon F., Hubert JP, Armoogum J. (2007C1) Biography and primary utility of travel : New issues in the measurement of social contexts in the next French National Travel Survey. *World Conference on Transport Research (WCTR)*, Berkeley, USA, June 24-28, 29 p.

Papon F., Armoogum J., Hubert J.P., Pietri-Bessy P. (2007M1) *Enquête Nationale Transport et Déplacements, Biographies : méthodologie et formation*. Inrets-Insee.

Papon F., Armoogum J., Hubert J.-P., Pietri-Bessy P. (2007M2) *Enquête Nationale Transport et Déplacements : troisième série de tests de la grille biographique*. Inrets, 42 p.

Papon F., Hivert L. (2008A2, voir tome 2) Adulterous behaviour within the car-owner couple: some analyses from French panel data on car rental and car sharing within households. *IATSS Research* Vol.32 No.2, 2008, pp.6-15, www.iatss.or.jp/pdf/research/32/32-2-01.pdf

Papon F. (2008C1) Les supervoies de la supermégapole Super Mari (Shanghai). Communication et diaporama présentés à la journée du 9 avril 2008 : *Mégapoles, transports et mobilité, confrontations*. Paris. 8 p. + illustrations. http://www.megapole.org/_Francis-Papon_.html

Papon F., Armoogum J., Diana M. (2008C2, voir tome 2) Specific experimental trials versus large-scale mobility surveys insets to investigate transport-related behavioural issues: the case of the primary utility of travel. *ISCTSC Conference*, Annecy, May.

Papon F., Léonardi J., Cuenot F., Yeh C.F. avec la collaboration d'É. Boucq (2008M2) *Prospective des transports : un état des lieux en Europe*. Rapport final pour le CPVST, Lettre De Commande N°07 Pvs S 011, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction de la Recherche et de l'Innovation. Tome 1. 71 p.

Papon F., Léonardi J., Cuenot F., Yeh C.F. avec la collaboration d'É. Boucq (2008M3) *Prospective des transports : un état des lieux en Europe*. Rapport final pour le CPVST, Lettre De Commande N°07 Pvs S 011, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Direction de la Recherche et de l'Innovation. Tome 2 Recueil de travaux prospective transport en Europe. 192 p.

Papon F., Roux S., Marchal M. (2009C2) A biographic survey to be compared with past travel surveys in France. *12th IATBR Conference*, Jaipur, Inde, December 13-18.

Papon F. (2009D1) Bilan des effets et de la pratique du vélo. *Journée scientifique vélo et casque*. Inrets, Bron. 28 mai.

Papon F. (2009E) Madurez social y uso de la bicicleta. In *Demografía y transporte: ciudades del Norte y ciudades del Sur*, Yves Bussière, Jean-Loup Madre y Salvador Pérez Mendoza (editores). Benemérita Universidad autónoma de Puebla. 289-316.

Papon F. (2009J1, voir tome 2) Reports modaux croisés entre contraintes climatiques, incantations occidentales, et rêves asiatiques. Publié conjointement dans *Les cahiers de Global Chance* n°26, janvier 2009, et *Liaison Énergie-Francophonie* n°81 – 4° trimestre 2008. pp. 80-84 www.iepf.org/ressources/ressources-pub-desc.php?id=297 www.global-chance.org/IMG/pdf/GC26LEF81p80-84.pdf

Papon F. (2009J2) Qu'est-ce que l'écomobilité ? *Territoires*, n°503, 22-24.

Papon F., de Solère R. (2010B2, voir tome 2) Les modes actifs : marche et vélo de retour en ville. *La Revue du Commissariat général au développement durable*, Service de l'observation et des statistiques, 16 p.

Papon F. (2010C1) Helmet wearing reduces cycling. *International Conference on Safety and Mobility of Vulnerable Road Users: Pedestrians, Motorcyclists and Bicyclists*, Jerusalem, Israel, May.

Papon F., de Solère R. (2010K4) *Les modes actifs (marche, vélo) réactivés*. Diaporama présenté au Réta 6 mai 2010. 25 p.

Papon F. (2010K5) *Quelques chiffres sur le vélo*. Diaporama présenté à l'ENPC 4 juin 2010. 14 p.

Papon F., Febvre S. (2010M2) *Projet PORT-VERT, Partie 5 : Aspects socio-économiques. Enquêtes*. Rapport de convention pour le Prédit, 73 p.

Papon F., Marchal M., Roux S., Marchal P., Armoogum J. (2010M4) *Parcours individuels et histoire de la mobilité. Analyse du volet " biographie " de l'Enquête Nationale sur les Transports et les Déplacements 2007-2008.* Rapport final de la convention Adème-Inrets n°08 66 C0068 du 15 juillet 2008 modifiée par avenant n°1 08/DTM/668/PC/MF du 21 novembre 2008. 203 p.

Papon F., Assaf P., Berezoski K. C., Osipov C., Santa Maria Davila E. (2011C2, voir tome 2) Intermodal Bicycle Parking Facilities: A Stated Preference Survey. *Transport Research Board (TRB) 90th annual meeting*. Revised version. 14 p.

Papon F. (2011C3) Paris Metropolitan Transport Plan. Abstract prepared for *The 2nd International Public Transportation Forum'* 6-8 September 2011. Incheon, South Korea. 3p. + powerpoint 18 p.

Papon F. (2011C4, voir tome 2) Correcting biographic survey data biases to compare with cross section travel surveys. Workshop paper presented at *9th International Conference on Transport Survey Methods*. Termas de Puyehue, Chile: 14-18 November 2011. 10 p + powerpoint 24 p.

Papon F. (2011K3) L'évolution de la mobilité à vélo en France. Communication à *La XXIIe Conférence Internationale d'Histoire du Cycle* (CIHC) Paris : 25 – 28 mai 2011. 19 p.

Papon F., Suprapto J., Kuhn F., Coquery G., An J.H., Dikun S., Katili I. (2011M1) *Establishing innovative and sustainable transit system in UI's campus and the city of Depok*. Rapport de la coopération franco-indonésienne Nusantara pour Egide.

Perry D. B. (1995) *Bike Cult*. New York: Four Walls Eight Windows. 570 p.

Petritsch T.A., Landis B.W., Huang H.F., McLeod P.S. (2007) Bicycle Level of Service for Arterials. *Transport Research Board (TRB)* 2007.

Piot André E. (2010) *Moyens à mettre en œuvre pour obtenir une augmentation de l'activité physique de nos patients.* Thèse de doctorat de médecine soutenue à l'UFR de médecine-pharmacie de Rouen.

Polacchini A., Orfeuil J.P. (1998). *Budget logement et budget transport en île-de-France*. Inrets/Dréif.

Pooley C. (dir) (2011) *Understanding walking and cycling: Summary of key findings and recommendations*. Lancaster University

Pooley C.G. & Turnbull J. (2000) Modal choice and modal change: the journey to work in Britain since 1890. *Journal of Transport Geography* 8 (2000) 11-24.

Porter C., Suhrbier J., Schwartz W. (1999) Forecasting Bicycle and Pedestrian Travel. *Transportation Research Record 1674*, 1999, pp. 94-101.

Pottier J.L., Palayan D., Héran F., Papon F., Soulas C., Febvre S., Sarrazin T., Stransky V. (2009M2) *Projet PORT-VERT : rapport final de la tâche 4 – cartographie. Développement d'une cartographie innovante : Visualisation des itinéraires de rabattement vélo sur internet*. Moviken. 55 p.

Programme Committee of Velo-city Paris 2003 (2003Y) *Report on the results of Velo-city Paris Conference*. 30 October 2003.

Pucher J., Buehler R. (2010) Walking and Cycling for Healthy Cities. *Built Environment*, Vol. 36, No. 4, December 2010, pp. 391-414

Pucher J., Buehler R., Seinen M. (2011) Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A* 45 (2011) 451–475

Pucher J., Komanoff C., Schimek P. (1999). Bicycling renaissance in North America? Recent trends and alternative policies to promote bicycling. *Transportation Research Part A*, Vol 33 Issue 7-8, 24-Aug-1999, pp. 625-654.

Radanne P. (2004) *La division par 4 des émissions de dioxyde de carbone en France d'ici 2050. Introduction au débat*. Rapport pour la MIES.

Rafoth R. (1993) *Bicycling fuel*. Bicycle Books, San Francisco, Californie.

Ramunni G. (2008) *Les brevets du vélo, des origines à nos jours : une invention sans fin*. Conférence au CNAM 22 novembre 2008.

Redmond L., Mokhtarian P. (2001) The Positive Utility of the Commute: Modeling Ideal Commute Time and Relative Desired Commute Amount. *Transportation*, 28(2), 179-205.

Reynaud C. (2008) *Le vélocipède illustré et déjà la bicyclette*. Musée du Vélo et de la Moto (Domazan). 400 p.

Rey A. (dir.) (1992) *Dictionnaire historique de la langue française*. Paris, Le Robert, 1992, 2 t., 2 383 p.

Riandey B. (1985) L'enquête Biographie familiale, professionnelle et migratoire (INED 1981). Le bilan de la collecte. In Chaire Quételet 1983 - *Migrations internes*. Collecte des données et méthodes d'analyse Département de démographie, Université Catholique de Louvain, 1985, pp 117-149.

Richardson A.J. (2003) Some evidence of travellers with zero value of time. *Transportation Research Record* 1854, 107-113.

Rieg J. (2008) *Le Vélo en Mode Actif*. Rapport final du groupe Chronos pour Prédit/CVC/JCD/RATP/Vinci. 48 p.

Robin F. (2008) Origine des principaux noms des deux-roues en France avant 1900 et de leur diffusion dans le monde. *19 e Conférence internationale d'histoire du cycle*, Saint-Étienne, 25-28 juin 2008

Robin F. (2009) Des Centraliens à l'origine de l'industrie du cycle. *Centraliens* N° 591, janvier-février 2009, pp. 37-41

Robin F. (2011) *Traité de cyclonymie*. Dossier n°42 de la Vélocithèque. 36p

Robinson D.L. (2006) No clear evidence from countries that have enforced the wearing of helmets. *BMJ* 2006;332:722-725

Robinson D.L. (2007) Bicycle helmet legislation: Can we reach a consensus? *Accident Analysis and Prevention* 39 (2007) 86–93

Rocci A. (2003) *La place du vélo dans le système de mobilité urbain*. Mémoire de DEA de l'université Paris V, sous la direction de Dominique Desjeux.

Rocci A. (2007U) *De l'automobilité à la multimodalité ? Analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportements vers une réduction de l'usage individuel de la voiture. Le cas de la région parisienne et perspective internationale*. Thèse de doctorat de l'Université de Paris V René Descartes (direction Dominique Desjeux), 542 p.

Rocci A. (2008U) *Communication, information, formation : quels impacts sur les comportements de mobilité ? Entre conscience environnementale et pratiques innovantes*. Rapport de recherche Inrets-Dest financée par le Meeddat, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer.

Rocci A. (2009a) Semi-directive interview method to analyze behavioral changes: a focus on two cases studies, *Transportation Research Records*, TRB, n2105, pp.37-43

Rocci A. (2009b) L'adoption d'un système de vélo en libre service par les usagers et ses effets sur la pratique du vélo. *3ème Rencontres Internationales Lyon Parc Auto/ 23ème Entretiens du Centre Jacques Cartier*, Lyon, France, 30 Novembre.

Rodgers G.B. (1995) Bicycle Helmet Use Patterns In The United States, A Description and Analysis of National Survey Data. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 1, pp. 43-56, 1995

Rong C. (2001) The evolution of transport and sustainable transport. *9th World Conference on Transport Research*, Seoul, 22-27 July

Rousset J., Papon F. (1996D2) Premiers éléments sur la mobilité en France en 2 roues d'après l'enquête transport INSEE 1993-1994. *Colloque Villes : la solution 2 roues*, communication au Sénat, Paris, le 12 septembre 1996, 12 p. sur invitation

Roux S. (2012U) : La transition de la mobilité et de la motorisation au vingtième siècle en France. Thèse de doctorat à l'université de Paris I sous la direction de Marlène Lamy.

Royal S., Kendrick D., Coleman T. (2005) Non-legislative interventions for the promotion of cycle helmet wearing by children. *Cochrane Database Syst Rev* 2005;2:CD003985

Royal S., Kendrick D., Coleman T. (2007) Promoting bicycle helmet wearing by children using non-legislative interventions: systematic review and meta-analysis. *Injury Prevention* 2007;13:162-167

(The) Royal Commission on Environmental Pollution's Report (1994) *Transport and the Environment*. Oxford. University Press. Londres.

Sammer G., Roider O., Klementschitz R. (2004) *Mobilitäts-Szenarien 2035 - Initiative zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung im Raum Wien*. Shell Austria GmbH

Sauvanet G. (2011) *Recherche de chemins multiobjectifs pour la conception et la réalisation d'une centrale de mobilité destinée aux cyclistes*. Thèse de doctorat de l'université François Rabelais – Tours spécialité informatique. 144 p.

Schollaert U., Coppieters M.C. (1997). *Transport Demand of Modes not covered in International Transport Statistics - Cycling*. European Union, European Cyclists' Federation (ECF). Décembre. Annexe du rapport final de 45 p.

Sdrif (2008) *Schéma directeur de la région Île-de-France*, projet adopté par délibération du Conseil régional le 25 septembre 2008. www.sdrif.com

Shanghai Municipal People's Government (2002) *Shanghai Metropolitan Transport White Paper.* 116 p. (avec plans, en chinois et en anglais)

Shin H.C., Jeong S.Y. (2011) Developing a Bicycle-oriented Transportation System for Green Growth. In *Toward an Integrated Green Transportation System in Korea* (ch.3) http://english.koti.re.kr/board/special/index.asp?mode=view&code=koti&mcode=040400&cate=&board_record=17 consulté 6 avril 2012

Société du Grand Paris (2010) *Le réseau de transport public du Grand Paris*. www.mon-grandparis.fr

Soulas C., Papon F. (2003J2, voir tome 2) Dans quelles conditions un modèle de mobilité alternatif à l'automobile individuelle est-il possible ? *La civilisation industrielle face au défi du développement durable, numéro spécial de Réalités Industrielles, une série des Annales des Mines*, éditions ESKA. Novembre. pp.84-93 http://www.annales.org/ri/2003/ri-auto-11-03.html

Soulas C. (coordinateur) (2007N2) Pillot D., Joumard R., Kauv J., Maupu J.L., Khatir Z., Cuenot F., Papon F., Fourniau J.M., L'Hostis A. *Lecture Critique De La Prospective 2050 Du CGPC*. Document provisoire au 19 juillet 2007. 16 p.

Soulas C., Papon F. *et al.* (2011M2) *Projet Prédit Port–Vert. Plusieurs Options de Rabattement ou Transfert Vélo et Réseaux de Transport. Approche multi–aspect des diverses formules d'intermodalité*. Rapport final Prédit. mars 2011. 712 p + annexes.

Stif (2010) *Arc Express*. www.arcexpress.fr

Stif (2011) Site du syndicat des transports de l'Île–de–France. www.stif.info

Taron C. (2010) *Les accidents de vélos avec des véhicules à gros gabarit*. Rapport d'étude du Cété Normandie-Centre pour le Certu. 44 p.

Thompson D.C., Rivara F.P., Thompson R. (1999) Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *Cochrane Database Syst Rev* 1999, Issue 4. Art No: CD001855

Thompson D.C., Rivara F.P., Thompson R.S. (1996) Effectiveness of bicycle safety helmets in preventing head injuries: a case-control study. *J AMA* 1996;276:1968–73.

Thompson D.C., Rivara, F.P., Thompson, R. (2004) Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists (CochraneReview). In: *The Cochrane Library*, Issue 2, 2004. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.

Thompson R.S., Rivara F.P., Thompson, D.C. (1989) A case-control study of the effectiveness of bicycle safety helmets. *N. Engl. J. Med*. 320 (21), 1361–1367

Toussaint J.F. (dir.) (2008) *Retrouver sa liberté de mouvement. PNAPS. Plan National de prévention par l'Activité Physique ou Sportive*. Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative. Rapport Préparatoire de la Commission Prévention, Sport et Santé présidée par le Pr Jean-François Toussaint et réunie d'avril à octobre 2008

Trognon A. (1979). Les ménages, la bicyclette et les motocycles en 1976. *Les collections de l'Insée* n°307, série M n°77, mai. 62 p.

URF (1997). *Faits et chiffres 1996*. Union routière de France. 84 p.

Val-de-Marne (2009) *Plan de Déplacements du Val-de-Marne 2009-2020*. www.cg94.fr

Vallin J., Mesle F. (2001) *Tables de mortalité françaises pour les XIXe et XXe siècles et projections pour le XXIe siècle*. Éditions de l'Ined N°4-2001.

Whitt F.R., Wilson D.G. (1982) *Bicycling Science* (Second ed.). Massachusetts Institute of Technology. pp. 198–233.

Wiel M. (1999). *La transition urbaine*. Mardaga.

Wiel M. (2011) *Le Grand Paris, premier conflit né de la décentralisation*. L'Harmattan.

Wingert J.L., Hivert L. (2010) Prospective pour l'énergie fossile : les limites physiques sur l'offre sont-elles bien anticipées ? *Pétrole, mobilité, CO2 : Les politiques publiques et l'automobilité face à la variation des prix du pétrole*. Rapport Final : mai 2010. Crozet (ed), Prédit4-DRI, p7-25

Yeh C.F., Papon F. (2008J) Le Développement Durable Du Transport Urbain A Shanghai : Quelle Place Pour La Bicyclette ? *Transports* n°448, Janvier-Février. 92-105.

Yeh C.F. (2009U) *Intermodalité et coûts des déplacements urbains dans les mégapoles - Les cas de Paris, Shanghai et Taipei*. Thèse de doctorat soutenue à l'université de Paris XII le 2 octobre 2009. Sous la direction de Jean-Pierre Orfeuil. Encadrée à l'Inrets par Francis Papon. 500p.

Yeh C.F., Papon F., Abours S., Soulas C. (2010B1, voir tome 2) Conditions for the development of electric two-wheelers in Shanghai. *Cahiers Scientifiques du Transport*. N°58, pp.29-53.

Zahavi Y. (1973) The TT-relationship: a unified approach to transportation planning. *Traffic Engineering and Control*, vol. 15, n° 4-5, pp. 205-212.

# 8 Plan du tome 2

**1. CV détaillé**

1.1. *Curriculum Vitae*

1.2. Texte libre sur le développement des activités

1.3. Activités de recherche

- Développement des connaissances

- Transfert, application et valorisation des connaissances dans tous les domaines contribuant au progrès de la société, et expertise scientifique

- Diffusion de l'information et de la culture scientifique et technique

- Participation à la formation initiale et à la formation continue

- Administration de la recherche

**2. Sélection de publications**

Papon, F., (1997Bs), "Les modes oubliés : marche, bicyclette, cyclomoteur, motocyclette". *Recherche Transports Sécurité*, n°56 - Juillet-Septembre 1997, pp. 61-75. Version scannée.

Papon, F., (2002B2), Prospective de la mobilité en Ile-de-France : les apports et les limites d'une démarche économétrique, *Recherche Transports Sécurité*, n°77, pp. 243-258.

Madre, J.-L., Berri, A., Papon, F., (2002E1), Can a decoupling of traffic and economic growth be envisaged? in Black W. R., Nijkamp P. (Eds.), *Social Change and Sustainable Transport*, Indiana University Press, Bloomington, pp. 209-216.

Papon, F. (2002E2), « Mûrissement social et pratique de la bicyclette » in *Démographie et demande de transport : villes du nord et villes du sud.* L'Harmattan, Paris. pp.263-288.

Papon, F., (2002J1p), La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 1ère partie : le temps et l'argent, *Transports*, n°412, pp.84-94. Version avant publication.

Papon, F., (2002J2p), La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 2ème partie : la santé et la sécurité, *Transports*, n°413, pp.187-197. Version avant publication.

Papon, F., (2002J3p), La marche et le vélo : quels bilans économiques pour l'individu et la collectivité ? 3ème partie : la collectivité, *Transports*, n°414, pp.232-242. Version avant publication.

Papon, F. (2003E1p), « La ville à pied et à vélo » *Données Urbaines 4.* Anthropos. Paris : Economica, 75-86. Version avant publication.

Papon, F., (2003E2s), « Perspective de la mobilité urbaine*»* in *Croissance urbaine, modes de transport et intermodalité*, Pan Haixiao et Doulet Jean-François (éd.). Shanghai : Presse de l'Université de Tongji, Actes du colloque de Chengdu, 29-30 octobre 2001, pp. 16-27. (En français et en chinois). Version scannée.

Papon, F. ; Madre J.-L., (2003J1), Existe-t-il des seuils de saturation de la mobilité des personnes? *Réalités Industrielles*, une série des *Annales des Mines*, éditions Eska, pp. 21-26.

Soulas, C. ; Papon, F. (2003J2), « Dans quelles conditions un modèle de mobilité alternatif à l'automobile individuelle est-il possible ? » *La civilisation industrielle face au défi du développement durable*, numéro spécial de *Réalités Industrielles,* une série des *Annales des Mines*, éditions Eska. Novembre. pp.84-93.

Papon, F. (2004C2), Mobility transition : from walking to personal automobile, *World Conference on Transport Research (WCTR)*, Istanbul, Turkey, July 4-8, 16 p.

Boucq E. ; Papon, F., (2008A1), Assessment of the real estate benefits brought by a light rail infrastructure, quantitative results from a hedonic approach with extensive field data in the Hauts-de-Seine department. *European Transport \ Trasporti Europei* n. 40 (2008): 51-68

Papon, F. ; Hivert, L., (2008A2), Adulterous behaviour within the car-owner couple: some analyses from French panel data on car rental and car sharing within households. *IATSS Research* Vol.32 No.2, 2008. pp.6-15.

Papon, F., Armoogum, J., Diana M., (2008C2), Specific experimental trials versus large-scale mobility surveys insets to investigate transport-related behavioural issues : the case of the primary utility of travel, *ISCTSC Conference*, Annecy, May. 27 p.

Papon, F. (2009J1), Reports modaux croisés entre contraintes climatiques, incantations occidentales, et rêves asiatiques. Publié conjointement dans *Les cahiers de Global Chance* n°26, janvier 2009, et *Liaison Énergie-Francophonie* n°81 – 4° trimestre 2008. pp. 80-84.

Yeh, C.-F.; Papon, F.; Abours, S.; Soulas, C. (2010B1), Conditions for the development of electric two-wheelers in Shanghai. *Cahiers Scientifiques du Transport*. N°58, pp. 29-53.

Papon, F.; de Solère R. (2010B2), Les modes actifs : marche et vélo de retour en ville. *La Revue*, Commissariat général au développement durable – Service de l'observation et des statistiques, 16 p.

Papon, F.; Assaf, P.; Berezoski, K. C.; Osipov, C.; Santa Maria Davila, E. (2011C2) Intermodal Bicycle Parking Facilities: A Stated Preference Survey, *Transport Research Board (TRB) 90th annual meeting.* Revised version. 14 p.

Papon, F. (2011C4), Correcting biographic survey data biases to compare with cross section travel surveys. Workshop paper presented at *9th International Conference on Transport Survey Methods*. Termas de Puyehue, Chile : 14-18 November 2011. 10 p.