HAL
open science

Transports publics et structuration de l'espace périurbain : méthode d'aide à la décision pour l'implantation d'un tram-train. Exemple d'application de Grenoble à Crolles (moyenne vallée du Grésivaudan).

Olivier Bouhet

To cite this version:

Olivier Bouhet. Transports publics et structuration de l'espace périurbain : méthode d'aide à la décision pour l'implantation d'un tram-train. Exemple d'application de Grenoble à Crolles (moyenne vallée du Grésivaudan).. Géographie. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2006. Français. NNT : . tel-00120024

HAL Id: tel-00120024

https://theses.hal.science/tel-00120024

Submitted on 13 Dec 2006

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.

Transports publics et structuration de l'espace périurbain : méthode d'aide à la décision pour l'implantation d'un tram-train.

Exemple d'application de Grenoble à Crolles (moyenne vallée du Grésivaudan).

Olivier BOUHET

Thèse de Doctorat de géographie
Université Joseph Fourier

Thèse soutenue à Grenoble le 8 décembre 2006, devant le jury composé de :

M. Gabriel DUPUY	Président	Professeur d'Urbanisme, Université PARIS 1
M. Pierre DUMOLARD	Directeur	Professeur de Géographie, université GRENOBLE 1
M. Yves GUERMOND	Rapporteur	Professeur émérite de Géographie, université ROUEN
M. Giuseppe PINI	Rapporteur	Professeur, institut de Géographie, université GENEVE
M. François PLASSARD	Examinateur	Directeur de Recherche au CNRS, LYON
M. Hans Van EIBERGEN	Examinateur	Direction des Services Déplacements de la METRO

REMERCIEMENTS

Cette thèse est le fruit d'une collaboration, dans le cadre d'une bourse ADEME, entre l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), Grenoble Alpes Métropole – La Métro et le laboratoire S.E.I.G.A.D. (Systèmes Environnementaux, Information Géographique et Aide à la Décision) de l'Institut de Géographie Alpine (Université Joseph Fourier).

Au sein de l'ADEME, je remercie mes tuteurs Philippe Vallouis et Laurent Lanquar.
Je remercie très sincèrement toute l'équipe administrative et particulièrement Mmes Valérie Pineau et Eliane Jallot pour leur disponibilité.
Je remercie également mes anciens collègues de la délégation régionale Alsace pour leur accueil chaleureux lors de mes visites : MM. Cédric Sous, Mikaël Lux et Raphaël Gustavi.
Enfin, je remercie les anciens collègues des différentes antennes régionales qu'il m'a été donné de rencontrer : Claire Revol-Buisson, Geneviève Messy, Maria Lamarche, Catherine Boisson, Catherine Bondeux, Gérard Chaumain, Frédérique Galophe, Véronique Jacquat, Véronique Laurent, Martine Louvrier, Marc Olier, Geneviève Pallier, Michèle Pautrat et Lydia Rousselet.

En ce qui concerne La Métro je tiens à remercier le Président Didier Migaud ainsi que M. Hans van Eibergen pour sa disponibilité.

Au sein du laboratoire S.E.I.G.A.D., je remercie très sincèrement M. Pierre Dumolard, mon directeur de thèse, pour son soutien et pour sa disponibilité indéfectible.
Toute ma gratitude et mon amitié aux thésards et anciens du labo : Nicolas Perrin, Jean-Christophe Loubier, Laure Charleux-Handsone, Rémi Lhotellier, Jérémy Lherbier, Hayan Saffour et Ludovic Dupuis (ainsi que leurs conjoints respectifs).

Merci à la MSH-Alpes pour son soutien au SEIGAD et son appui logistique.

Je tiens à remercier MM. Marc Perez et son équipe pour leur accueil chaleureux et le temps qu'ils m'ont accordé lors d'une visite à Karlsruhe au siège de l'entreprise TTK, en janvier 2005.

Je remercie les membres des différentes délégations régionales SNCF pour le temps qu'ils m'ont accordé et leur accueil chaleureux : MM. Stéphane Dreyer, Philippe Gerardin, Olivier David et M. André Pierre Boller. Je tiens à remercier également M. Antony Larrondo de la Région Alsace, M. Georges Muller de la CTS, M. Benjamin Pucchio de l'ADEUS, Mme Laurence Médale, M. Jan Grosse Belage et Jean-Roch Klethie de l'AURM.

A la DDE Isère, je remercie Françoise Garinc pour sa disponibilité.

Un grand merci à Philippe, Esther, Jonas, Mégane et Aubin pour leur accueil et les bons moments passés lors de mes visites Alsaciennes.

L'étude des analyses multicritères n'aurait pas pu être réalisée au sein du S.E.I.G.A.D sans l'aide précieuse de Erwan Duplessy.
Un grand merci à toute la brochette de mathématiciens de la Tour IRMA et leur conjoint respectif pour leur fraîcheur et leur bonne humeur : Carine Lucas, Claire Chauvin et Cyrille Roy, Basile Sauvage, Irène Gannaz et Christian Gardin, Aude Rondepierre et Vincent Rodts, Yann Dijoux, Olivier le Cadet, Frédéric Payan, Julie Peyre.

Merci aux amis pour leur accompagnement pendant toute la durée de ce travail : Zaz, Blade, Didj, Jean, Marie, Philou, Xav, Winch, Estelle, Gaëlle, Yann, Nourré, Danh, Stéphanie, Biquette, Véro, Corine, Edouard, Murielle, Denis, Xavier, Fabien, Palinou, Sabine et JP.

Un grand merci à Merrick et toute son équipe pour les moments de détente.

La qualité de ce travail doit beaucoup aux remarques éclairées de mon parrain.

Il me reste à remercier mes relecteurs pour avoir donné une seconde jeunesse au manuscrit final : Vieux Loup, JY, Panpan, Lapin et Shok-shok.

Enfin, la famille pour m'avoir soutenue même dans les moments les plus durs : mes parents, mon frère François, mes sœurs Isabelle et Agnès, Eric et Jean-Luc leurs conjoints respectifs, mes cousins.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 7

PARTIE I ETUDE DES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN 11

CHAPITRE 1. La périurbanisation _____ 13
CHAPITRE 2. Périurbanisation et emplois _____ 55
CHAPITRE 3. Structurer les déplacements dans la périurbanisation _____ 73

PARTIE II LE TRAM-TRAIN 103

CHAPITRE 4. Un tram-train dans la vallée du Grésivaudan _____ 105
CHAPITRE 5. Le tram-train de Karlsruhe _____ 125
CHAPITRE 6. Le tram-train de Strasbourg _____ 161

PARTIE III METHODE ET RESULTATS 183

CHAPITRE 7. Méthode et validation de la procédure de choix du tracé _____ 185
CHAPITRE 8. Application de la méthode dans la vallée du Grésivaudan _____ 229

CONCLUSION 267

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 269

ANNEXES 277

TABLE DES MATIERES 307

« Le pénitent est humble,
le pénitent s'agenouille »

Henry Jones

Aux compères Dupont et Dupond…

INTRODUCTION

« La ville s'installe à la campagne ! ». Sous cette formule lapidaire, simplificatrice et quelque peu provocante, se trouve résumée l'évolution que connaissent la plupart des villes françaises depuis plusieurs décennies. Le phénomène est évidement plus complexe et cache, en réalité, une profonde mutation des modes de vie et des aspirations des individus. Cette modification de la pratique des citadins, jadis travaillant et habitant dans les villes, qui s'éloignent des centre-villes, d'abord vers les banlieues et maintenant plus loin encore, n'est pas réversible. Elle est accompagnée et renforcée notamment par la « mobilité » des lieux d'emploi, et la distinction est de plus en plus nette entre l'endroit où l'on travaille et celui où l'on habite. Cela se traduit par un besoin croissant de déplacements qui ne sont plus soit intra-urbains, soit inter-urbains, mais également péri-urbains. Cela se traduit par une augmentation des distances à parcourir, en particulier pour aller travailler. Dans ce dernier cas, le véhicule automobile individuel est actuellement le seul à pouvoir répondre aux besoins. Les effets de cette évolution sont connus et perceptibles quotidiennement : embouteillages, saturation des voies de circulation, perte de temps, pollution...

La périurbanisation aux abords des grandes agglomérations est aussi une limite à l'utilisation des transports en commun. Pertinents et fonctionnels, même si de considérables améliorations peuvent encore leur être apportées, ils constituent, dans la plupart des cas, une alternative crédible à l'usage de la voiture, tant dans les zones urbaines que pour les déplacements inter-urbains, Il en va tout autrement pour les zones péri-urbaines, comme d'ailleurs pour les zones rurales, où leur usage reste limité aux déplacements des « captifs »... L'amélioration de la desserte de ces espaces périphériques est indispensable, mais pose des problèmes délicats à résoudre, pour lesquels aucun mode classique (nous entendons par là les autobus ou les trains) ne semble parfaitement apte.

Le retour du tramway moderne en France (Nantes 1985, Grenoble 1987) a tracé la voie en matière de déplacements urbains, mais on ne voit pas comment celui-ci pourrait contribuer

à agir sur les problèmes de circulation automobile en milieu périurbain sauf à « sortir de la ville ».

C'est précisément ce qu'il s'apprête à faire à Mulhouse en empruntant successivement les voies du réseau urbain de tramway et les voies ferrées du réseau national. Mi-tramway, mi-train ce véhicule appelé tram-train relie les centres villes et les zones périurbaines. La circulation d'un tram-train depuis 1992 à Karlsruhe en Allemagne, nous rappelle que les obstacles techniques, institutionnels, voire politiques, ne sont pas insurmontables.

Au-delà de sa vocation de vecteur de déplacement, le tram-train est aussi un instrument structurant de l'espace (tout comme le tramway et le train) et dès lors, il faudra s'interroger sur les effets de son implantation dans les territoires qu'il dessert et s'il peut contribuer, à terme, à une modification des caractéristiques du périurbain.

Les projets de tram-train se développent en France depuis plusieurs années et l'étude de l'implantation d'une ligne ne concerne pas seulement les techniciens du ferroviaire, les aménageurs, les urbanistes,... Les géographes peuvent également apporter leur contribution à une telle étude, en utilisant les outils techniques et conceptuels dont ils disposent.

Dans le cas présent, la frontière est ténue entre les disciplines nécessaires pour appréhender cette question. Comment traiter de l'implantation d'un tram-train sans aborder les contraintes imposées par la nature même du dispositif. Caractéristiques démographiques et économiques des zones desservies, complexité institutionnelle liée à l'organisation administrative et aux aspects réglementaires, contraintes techniques imposées par la sécurité des personnes transportées, technicité des méthodes d'analyse nécessaires... autant d'aspects qui doivent être abordés pour ne pas tomber dans le piège de l'expertise technique, voire technocratique. Connaître l'objet, se l'approprier, est la seule parade possible aux analyses froides et inhumaines si courantes dans ce monde ! Il s'agit de favoriser des déplacements d'individus pour leur rendre la vie plus facile. Le géographe se sent là totalement concerné, il est sans doute l'un des seuls à pouvoir prendre ce parti-pris, mais pour cela il doit rester géographe.

L'agglomération Grenobloise comme terrain d'étude s'est imposé au regard de son passé riche en expérimentation : réalisation de la première Maison de la Culture, construction de la

Villeneuve dans les années 70, seconde ville à réintroduire le tramway moderne en France au milieu des années 80… Grenoble ne peut pas laisser échapper sa vocation de ville innovatrice.

Par ailleurs, Grenoble et les trois vallées l'irriguant, concentrent bien des difficultés des grandes villes françaises de taille équivalente : périurbanisation rapide, coûts élevés des logements, congestion automobile… L'étude de l'implantation d'une (ou plusieurs) lignes de tram-train s'impose et bien qu'un tel dispositif puisse être développé dans chacune de ces vallées, celle du Grésivaudan est rapidement apparue comme pouvant faire l'objet d'une éventuelle réalisation dans un proche avenir. L'étude préalable à un tel projet, lourd de conséquences pour les territoires concernés, justifie la conception d'une méthode d'aide à la décision qui prenne en compte les aspects spatiaux, sociaux et économiques, Les techniques statistiques exploratoires et l'utilisation couplée des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de l'Analyse Multi Critère (AMC) permettent de rendre compte des caractéristiques du territoire et de contribuer à des choix qui, pour leur part, relèvent à la fois du politique et du technique.

C'est ce qui a conduit l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), Grenoble-Alpes Métropole (La Métro, Communauté d'Agglomération de Grenoble) à co-financer une thèse sur ce sujet au sein du laboratoire SEIGAD (Système Environnementaux, Information Géographique et Aide à la Décision) de l'Université Joseph Fourier (Grenoble 1) pour élaborer une méthode d'aide à la décision pour l'implantation d'un système de tram-train. C'est tout l'objet et l'ambition de ce travail d'y contribuer.

La première partie sera consacrée à l'analyse des caractéristiques spatiales et sociales du territoire et de la périurbanisation. La seconde examinera les contraintes d'implantation, l'expérience de Karlsruhe et le projet de Strasbourg. La troisième sera consacrée à la méthode et à son application dans le cas du Grésivaudan.

PARTIE I ETUDE DES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE

C'est au cours des années 1970 que l'on observe en France, comme dans beaucoup d'autres pays industrialisés à la même époque, une modification de la croissance urbaine. Elle ne se constitue plus par densification du bâti *intra muros* mais, bien au contraire, par étalement spatial (ANDAN, TABOURIN, 1998, p. 273).

Les zones d'habitat s'étendent dans les périphéries alors que les activités économiques restent concentrées dans les centres urbains. Sans qu'il soit nommé ainsi, le phénomène de la périurbanisation est né.

Phénomène isolé à quelques communes il s'est généralisé sur l'ensemble du territoire, chaque agglomération dispose de son centre-ville ancien, ses banlieues et ses zones périurbaines.

Non accompagnée, non encadrée, la périurbanisation a engendré des déséquilibres spatiaux dans les territoires, les emplois sont restés concentrés alors que l'habitat s'est dilué dans l'espace. Cette dissociation des fonctions emplois et habitats s'est traduite par de nombreux dysfonctionnements, notamment dans le domaine de transports qu'ils soient collectifs ou individuels.

Nous nous intéresserons dans un premier chapitre à la périurbanisation dans la vallée du Grésivaudan entre Grenoble et Chambéry.

Les problèmes et les dysfonctionnements de la périurbanisation dans leur globalité (non circonscrit au seul territoire grenoblois) seront traités dans le second chapitre.

CHAPITRE 1.
LA PERIURBANISATION

Depuis longtemps, nous assistons à des phénomènes bien particuliers de migration de population, représentatifs d'une époque ou plus généralement de l'évolution des sociétés.

De la révolution industrielle du XIXème jusqu'au début des années 1960, la période a été synonyme d'un exode rural massif des populations paysannes vers les villes (De FRANCE, 2001). La révolution agricole des années 1960 qui passe par la modernisation des techniques, l'industrialisation de la production et la mécanisation des processus, terminera d'achever l'exode rural.

Effet curieux, c'est également au cours des années 1960 que les prémices d'un mouvement de migration inverse débutent. Il ne s'agit nullement d'un retour des paysans à la terre mais plutôt de l'arrivée des citadins à la campagne. Des populations ont commencé à quitter les centres urbains (ASCHER, 1998) pour occuper des zones mitoyennes plus rurales, mais qui restent fortement liées à la ville par leur proximité : « *les populations qui résident dans cette périphérie fleurie vivent de cette ville et la font vivre* » (PUMAIN, 1996, 165). Ce phénomène de migration résidentielle est une des composantes de la périurbanisation.

Cette modification du choix du lieu de vie s'est traduite d'une part, par une diminution des densités intra urbaines et d'autre part, par un accroissement de la construction de maisons individuelles et de lotissements dans les zones périurbaines. « *Le tissu urbain n'est plus continu mais fragmenté* » (ASCHER, 1998), en somme « *l'urbanisation dépasse les limites traditionnelles de la ville pour s'étendre au-delà de sa périphérie immédiate* » (PELLEGRINO, 2000, p. 128).

Enfin, on assiste dans ces espaces, nouvellement colonisés par les citadins, à une diminution des agriculteurs, et d'une manière générale, des métiers liés à la terre (BAUER, 1976). La périurbanisation est née.

1. LA PERIURBANISATION

Ces espaces périurbains ont connu ces trente dernières années la plus forte croissance démographique face aux autres types d'espaces (centre-ville, banlieue) (PUMAIN, 1996, p. 173). La périurbanisation a contribué à la mise en concurrence de l'usage des terrains (ROUSSEAU, 1995) (d'où un dilemme entre le maintien des activités agricoles ou la construction de logements) et à la transformation du marché foncier (WIEL, 2000, p. 160). Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce phénomène :

- la recherche d'un cadre naturel situé à proximité de la ville,
- la tranquillité, le calme, le confort et l'intimité dans le logement,

- le désir d'accéder à la propriété, grâce à des prix du foncier plus accessibles que dans la ville centre.

Notons que la démocratisation des « quatre roues de la fortune » pour reprendre le titre d'un ouvrage d'A. Sauvy paru en 1968, et le développement des infrastructures routières n'est pas sans liens avec le phénomène de périurbanisation (DEZERT, 1998, p. 46). Le développement de la périurbanisation est issu d'une « *double croissance : « interne » par extension de la zone classiquement urbanisée ; « externe » par absorption de périphéries de plus en plus lointaines* » (ASCHER, 1998, p. 18).

Les raisons évoquées ci dessus semblent indiquer que les populations périurbaines ont choisi leur localisation. Ce choix a néanmoins pu être contraint. On retrouve dans le périurbain une majorité d'ouvriers, d'employés ou de retraités qui n'ont pu accéder à la propriété dans la ville-centre, en raison d'un coût élevé du foncier.

Schématiquement, le processus de diffusion dans l'espace de l'urbanisation est auréolaire. La périurbanisation peut être considérée comme la « *troisième couronne urbaine* » (DUPUY 1995). La première est constituée de la ville-centre avec son cœur historique et ses vieilles banlieues ouvrières ; la deuxième correspond à celle des grands ensembles nés des Trente Glorieuses. « *Ainsi la ville n'a plus de limites clairement établies dans les temps et l'espace* » (DUPUY 1998).

Nous approfondirons dans un premier temps le concept de périurbanisation, puis nous l'étudierons sur la région urbaine grenobloise entre 1962 et 1999.

1.1. Décrire spatialement le phénomène

« La périurbanisation des villes est, si l'on s'en tient à l'étymologie, la croissance des zones situées autour des zones urbaines. Cette notion renvoie donc à une définition de ce qui est urbain » (PUMAIN, 1996, p. 173). Néanmoins de nombreux auteurs ont étudié ce phénomène à partir des années 1970. Bien qu'il constitue l'évolution principale de l'urbanisation actuelle, le terme de périurbanisation n'est toujours pas stabilisé. Il connaît des variations dans sa définition selon les auteurs et les espaces observés. Nous ne présenterons ici que les principales.

1.1.1. Quelques définitions

BAUER et ROUX présentent une première définition en 1977. Ils ne parlent pas de périurbanisation mais de rurbanisation. Ainsi, « *est rurbaine une zone proche de centres urbains et subissant l'apport résidentiel d'une population nouvelle, d'origine principalement*

citadine. L'espace rurbain a pour caractéristique de conserver une composante rurale ce qui le différencie de la banlieue où l'espace est totalement urbanisé et contigu à la ville mère » (BAUER, 1976).

Pour DEZERT (1998), il s'agit « *d'espaces subissant l'influence et la croissance de la ville, tout en conservant les activités rurales et agricoles, sur la majorité de leur territoire* ».

Pour ces auteurs la périurbanisation ou rurbanisation se traduit par la diffusion spatiale de la ville. Leurs avis divergent sur la place à réserver aux fonctions agricoles.

Aujourd'hui le terme de rurbanisation est rarement employé, on utilise plutôt dans le vocable courant celui de périurbanisation pour désigner le phénomène de diffusion de la ville dans les espaces périphériques. La part des fonctions agricoles dans la définition tend même à disparaître. On retient uniquement la diffusion du bâti qui se fait sous forme de tache d'huile, en forme de doigts de gants ou par mitage urbain.

L'INSEE (Institut Nationale des Statistiques et des Etudes Economiques) a établi sa propre nomenclature (1991) pour observer spatialement et temporellement l'évolution du phénomène.

1.1.2. Les nomenclatures de l'INSEE

Fonction des nombres d'emploi et des flux de déplacement des actifs (les pendulaires[1]), elles distinguent quatre ensembles distincts (PUMAIN, 1996, p. 173).

1.1.2.1. Le pôle urbain

C'est une unité urbaine (ensemble « a ») ayant plus de 5 000 emplois sur son territoire, qui peut s'apparenter à la ville au sens classique du bâti. Une unité urbaine est une agglomération de population, définie comme un ensemble d'habitations telles qu'aucune ne soit séparée de la plus proche de plus de 200 mètres, et abritant au moins 2 000 habitants.

1.1.2.2. La couronne périurbaine

A chaque pôle urbain on agrège les communes qui y envoient plus de 40 % de leurs actifs résidents ayant un emploi et dans un processus itératif on y adjoint d'autres communes qui envoient 40 % de leurs actifs vers cet ensemble en cours de constitution. L'ensemble de ces communes attirées par le pôle urbain constitue sa couronne périurbaine (ensemble « b »).

[1] Les flux pendulaires correspondent aux déplacements effectués dans la journée par un actif entre son domicile et son lieu de travail habituel. Par convention, l'INSEE (Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques) considère que les personnes qui exercent des professions les conduisant à se déplacer fréquemment (chauffeurs routiers, VRP…) travaillent dans leur commune de résidence.

Pour un pôle donné, l'ensemble (a) et (b) constitue une aire urbaine. Cette aire urbaine permet de définir une notion de « ville » plus large, dans un sens plus économique, ou les acteurs ne résident pas toujours au sein du noyau, la ville classique.

1.1.2.3. Les communes multipolarisées

Ce sont les communes (ensemble « c ») qui envoient 40 % de leurs actifs résidents ayant un emploi vers plusieurs aires urbaines, sans pouvoir atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un ensemble connexe.

Celui-ci, connexe, constitué des communes de types a) b) et c), forme en espace urbain multipolaire. Si cet ensemble est réduit à une seule aire urbaine, il s'appelle espace urbain monopolaire. Les communes de type a), b) et c) constituent l'ensemble de l'espace à dominante urbaine.

1.1.2.4. L'espace à dominante rurale

C'est le reste du territoire. Il contient des communes rurales, mais aussi de petites unités urbaines n'ayant pas répondu aux critères précédents.

L'INSEE (1991) définit ainsi « *des communes urbaines, qui forment ce que l'on appelle des agglomérations ou unités urbaines, par opposition aux communes rurales* » (PUMAIN, 1996, p. 173).

1.1.3. Définition retenue

Le choix d'une définition pour identifier le phénomène de périurbanisation n'est donc pas chose aisée. Si le processus est relativement facile à désigner, l'observation spatiale sur le terrain demeure quant à elle bien plus délicate, comme l'atteste les nomenclatures de l'INSEE : l'intensité des fonctions agricoles retenues par les auteurs ou la notion de continuité du bâti. A la lumière des éléments développés plus haut nous pouvons dire qu'il existe non pas une périurbanisation mais des périurbanisations qui prennent un sens différent selon le filtre appliqué pour les analyser.

En raison de ces différences accordées aux fonctions agricoles, nous retiendrons pour notre analyse la définition développée par Bauer et Roux tout en employant le terme de périurbanisation. « *La périurbanisation se distingue de plus en plus mal de la rurbanisation* » (DUPUY, 1995, p. 87).

Nous reviendrons sur les éléments ayant favorisé la périurbanisation avant de nous intéresser au cas grenoblois et d'en faire l'étude.

1.2. Le phénomène

La période dite des Trente glorieuses (1945-1975) est à l'origine de l'accroissement du niveau de vie de la population. Elle a eu pour conséquence d'étendre le choix de localisation du lieu d'habitation des ménages. Par un accès aux moyens de transports individuels (DUPUY, 1995) elle a augmenté les possibilités de déplacements des populations.

La disposition personnelle et permanente d'une voiture par plusieurs adultes au sein d'un même ménage a ouvert les choix de localisation de l'habitat et a contribué à l'urbanisation des territoires peu denses, peu équipés en services mais accessibles. Ces faits se sont accompagnés et autoalimentés.

Les ménages ont pu localiser leur lieu d'habitat dans la périphérie. Ce faisant, ils se sont installés dans des zones de plus en plus éloignées des agglomérations, soit dans de petits villages (construction de logements ou achat de vieilles bâtisses), soit dans la campagne. Dans ce dernier cas l'urbanisation non maîtrisée, non planifiée s'est réalisée par « mitage urbain » (« implantation anarchique » dans le tissu rural) ; en forme de « tache d'huile » autour de bourgs anciens à proximité des villes ou en forme de « doigts de gant » le long des axes de circulation automobile.

1.2.1. Une transformation sociale de la ville

Cette extension de la ville à la campagne a contribué à transformer peu à peu ces villages ruraux en zones résidentielles pour citadins « des champs ». Les villes se sont élargies en incluant des zones urbanisées auparavant rurales, mais qui se sont urbanisées grâce à la promotion de l'habitat individuel. A la logique de quitter la ville, a correspondu un besoin croissant des ménages trentenaires et quadragénaires de rechercher un cadre de vie agréable « *dans un logement spacieux* » (DEZERT, 1998, p. 47). Cet intérêt pour l'habitat pavillonnaire et individuel trouve des explications dans la fuite : (DEZERT, 1998, p. 47).

- des grands ensembles bâtis dans les années 1950-60,
- du centre-ville en raison de son coût,
- de la vétusté, du manque de confort et la petitesse des logements dans les zones centrales.

En conséquence, le centre de l'agglomération vieillit alors que les communes périurbaines rajeunissent. L'installation de zones d'habitations dans les communes périurbaines s'est accompagnée de la création de zones d'activité et de la construction des grands centres commerciaux périphériques concurrents du commerce existant dans les centres

villes (CETUR, 1996). La diffusion le long des rocades de ces activités dans les espaces périurbains est liée à l'augmentation du prix des bureaux au cours du temps, conséquence de leur raréfaction relative.

1.2.2. Une modification du rapport espace / temps

L'acquisition de la voiture individuelle a renforcé cette tendance de localisation dans les périphéries. Elle est nécessaire pour quitter le centre-ville mais également obligatoire pour vivre dans la périphérie.

Le phénomène s'est accéléré en raison de l'accroissement toujours plus important des vitesses de déplacements (performances techniques des véhicules, circulation sur des voies rapides de type autoroutes, rocades…) et de l'amélioration du « *réseau de routes revêtues* » (DUPUY, 1995, p. 19). En effet, les personnes disposant d'un véhicule ont eu la possibilité de s'installer plus loin dans les campagnes ou les petits villages, tout en parcourant des distances plus importantes dans un même intervalle de temps. « Entre 1981 et 1994 la vitesse moyenne des déplacements a cru de 26,1 km/heure à 31,4 km/heure. La distance moyenne par déplacement est quant à elle passée de 8,1 km/jour à 9,6 km/jour. Enfin la durée moyenne d'un déplacement est restée stable, autour de 19 minutes » (BANOS, 2001, p. 36). Pour le même budget temps, les distances parcourues sont plus importantes. A ce concept assez répandu a été donné en 1976 le nom de loi de Zahavi (DUPUY, 1995) du nom de son auteur Yacov Zahavi.

1.2.3. « Les territoires de l'automobile »[2]

L'utilisation d'un véhicule individuel se révèle indispensable pour les déplacements quotidiens des habitants des communes périurbaines.

En raison même de la diffusion spatiale de l'habitat, l'absence d'une desserte adaptée en matière de transports collectifs dans les espaces périurbains renforce l'usage de la voiture pour les déplacements. Les transports en commun périurbains sur route ne sont pas suffisamment performants et attractifs par rapport à la voiture individuelle. Quant à ceux qui circulent sur rails, ils ne desservent pas les bassins d'emplois, d'activités et les zones d'habitation à une autre échelle que celle d'une agglomération. Les transports en commun périurbains ne se présentent pas véritablement comme un mode de transport alternatif à la voiture, par conséquent, la circulation sur les axes reliant ville centre et communes périurbaines ne cesse de croître. On note également un élargissement des tranches horaires

[2] En référence à l'ouvrage de G. Dupuy édition Anthropos

dites de pointe, qui couvrent un intervalle de temps plus large le matin comme le soir et variable selon les jours de la semaine.

On peut y déceler un effet de la réduction du temps de travail. Cette dernière s'est accompagnée d'une modification du rythme de vie de la population amplifiant ainsi son besoin de mobilité. Les programmes de déplacements des individus se sont complexifiés avec les années, tant en distances qu'en destinations, rendant l'usage de l'automobile indispensable. Ils ne sont plus observables aussi facilement qu'auparavant car ils ne correspondent plus seulement à des déplacements domicile travail. Des trajets supplémentaires se sont agrégés au trajet principal de la journée (courses, loisirs…), les individus établissant désormais des programmes de déplacement à la journée.

1.2.4. Un déséquilibre spatial des déplacements

Les déplacements ont eux aussi évolué ces dernières décennies. Les flux entre le centre-ville et ses périphéries et entre les périphéries elles-mêmes se sont accrus alors que les déplacements dans les centres-villes sont eux en baisse. Ils révèlent un déséquilibre spatial marqué par une concentration des activités économiques et une répartition de l'habitat sur un espace très important (BURGEL, 1993, p. 136). Au demeurant, l'emploi reste fortement concentré dans l'agglomération tandis que l'habitat est hautement dilué dans les périphéries (ORFEUIL, 2001, p. 52).

1.2.5. La mobilité en hausse

L'accroissement du nombre de déplacements par individus (on parle de la mobilité) s'est également accompagné d'une augmentation de la consommation d'énergie fossile et des émanations polluantes issues de la circulation automobile.

La liberté de déplacement, en permettant de s'établir à des distances importantes des agglomérations, a accru la mobilité forcée des populations devant se rendre de leur lieu de vie à leur lieu de travail. « *La mobilité met donc en jeu population et territoire dans une dimension politique et révèle les politiques d'utilisation de l'espace* » (MAY, 1998).

En ce qui concerne l'habitat, une fracture apparaît également entre les classes sociales. La recomposition spatiale des espaces urbains et périurbains entraîne donc une recomposition sociologique de l'espace. Ce sont les ménages jeunes et aisés qui tendent à quitter les centres urbains encombrés pour s'installer dans les zones vertes et aérées, à la recherche d'une meilleure qualité de vie. Une dualisation de plus en plus forte apparaît entre le centre et la périphérie, ce mécanisme tend à augmenter la ségrégation spatiale résidentielle entre les

classes sociales. Tous ces problèmes de circulation sont présents dans de nombreuses agglomérations et celle de Grenoble ne fait pas figure d'exception.

2. LA PERIURBANISATION GRENOBLOISE

2.1. Situation générale

L'agglomération grenobloise, située au centre de massifs montagneux[3], (Figure 1-1) donne à la ville et à ses environs la forme d'une cuvette en « Y ». Les trois branches de ce « Y » grenoblois apparaissent très contrastées.

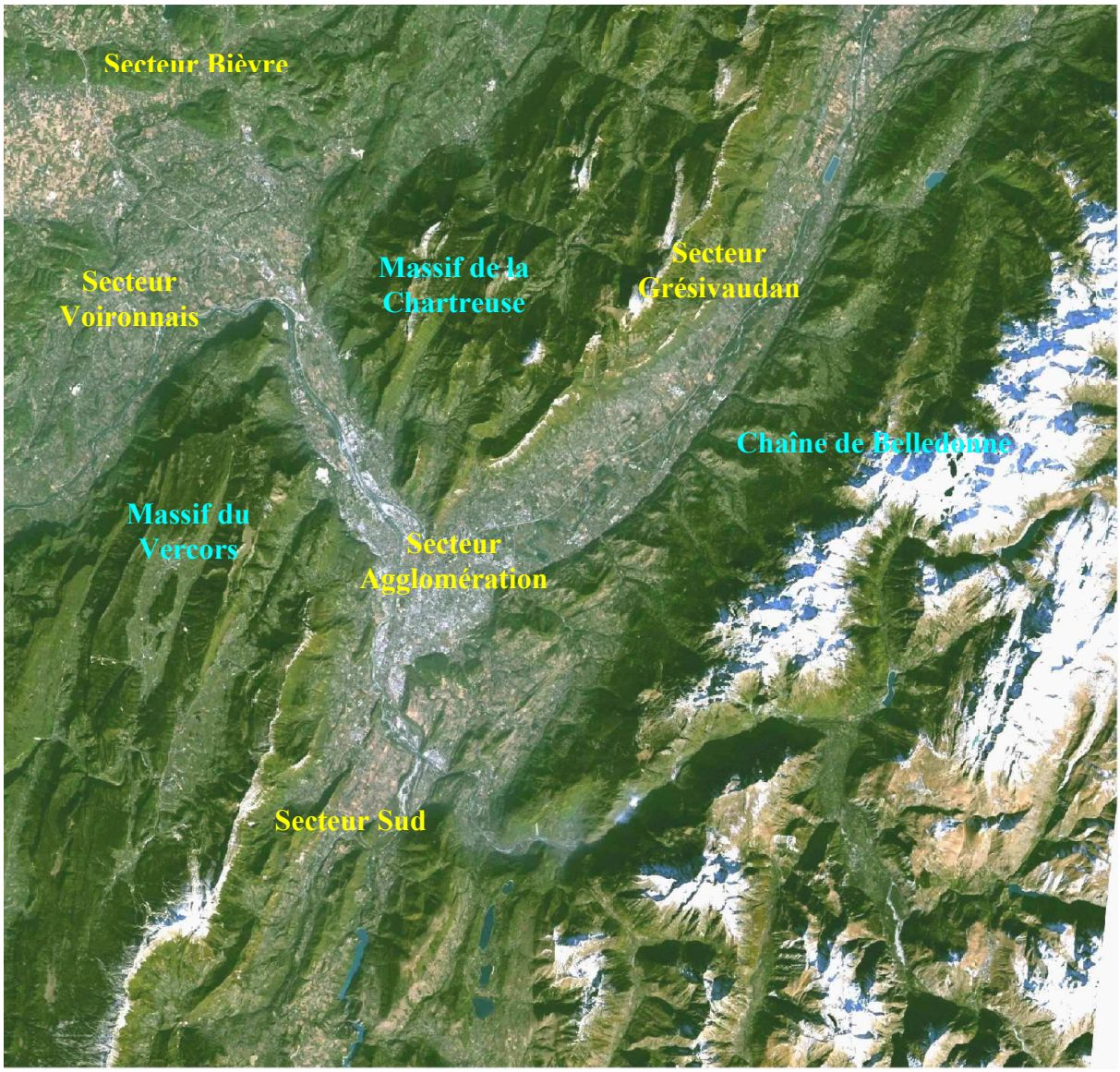


Figure 1-1. L'« Y » Grenoblois (Source : Google earth, 2006)

[3] Les massifs de Belledonne à l'est, de la Chartreuse au Nord, du Vercors à l'ouest et du Trièves au sud.

A l'ouest les « Terres Froides » du Voironnais, présentent dans des conditions de relief et d'accès favorables à l'urbanisation mais au climat peu agréable (vent du nord et fréquents brouillards, d'où le nom de « Terres Froides »).

Le Sud, constitué par la vallée du Drac et le plateau de la Matheysine, présente un relief tourmenté peu favorable à l'extension de l'habitat.

A l'est se trouve la vallée du moyen Grésivaudan[4]. La rive droite offre des terres chaudes, bien abritées des vents du nord par le massif de la Chartreuse et généreusement ensoleillées, face à un panorama grandiose sur la chaîne de Belledonne. A la base de cette dernière, sur la rive gauche de l'Isère, brouillards et faible ensoleillement en limitent l'attractivité.

Fortement contrainte par les reliefs (vallée encaissée et en forme de « Y ») la périurbanisation s'est développée le long des axes de communication irriguant les trois vallées. Elle s'est effectuée progressivement et cumulativement « en tâche d'huile », « en doigts de gant » et par « mitage ». Ni orientée, ni dirigée, la diffusion spatiale de l'habitat et des activités ne s'est pas faite de manière structurée.

Pour analyser la périurbanisation autour de Grenoble nous n'avons pas retenu l'aire urbaine Grenobloise délimitée par l'INSEE mais le périmètre du schéma directeur de la Région Urbaine Grenobloise (Figure 1-2) adopté le 12 juillet 2000[5].

Figure 1-2. Les 5 secteurs de la RUG (Source : AURG)

[4] Le Grésivaudan désigne la plaine alluviale de l'Isère comprise entre Tullins (en aval de Grenoble) et Albertville. Dès lors on désigne comme Bas Grésivaudan la partie comprise entre Tullins et Grenoble et comme Haut Grésivaudan celle située entre Grenoble et Albertville.

[5] Il a fait l'objet de la création du « Syndicat mixte pour l'élaboration et le suivi du schéma directeur de la région grenobloise »

Dans ce périmètre, qui regroupe 157 communes et près de 626 000 habitants, sont définies les orientations fondamentales d'aménagement et de développement de la Région Urbaine Grenobloise pour les 20 prochaines années. Le schéma directeur structure ce territoire autour de cinq secteurs : l'Agglomération, le Grésivaudan, le Voironnais, le Sud et la Bièvre. Le secteur Agglomération tient une place centrale géographiquement, économiquement et juridiquement dans la vallée. Bien que les autres secteurs de la RUG bénéficient d'une indépendance économique (CHALAS, 1997, p. 50), leurs relations avec le secteur Agglomération n'en sont pas moins très importantes, les relations sont croisées et bilatérales.

2.2. Précision sur la zone d'étude

Nous avons porté notre attention sur deux des cinq secteurs qui composent la RUG : le secteur Agglomération et le secteur Grésivaudan. Notre choix s'est porté sur ces secteurs car le premier est central et le second est, parmi les autres secteurs périurbains de la RUG, celui dont la croissance démographique a été la plus forte ces 20 dernières années (Tableau 1-1).

	Variation annuelle moyenne 82/90 en %	Variation annuelle moyenne 90/99 en %
Secteur Agglomération	0,15	0,25
Secteur Bièvre	1,23	0,54
Secteur Grésivaudan	**2,38**	**2,13**
Secteur Voironnais	2,11	1,12
Secteur Sud	1,32	1,10
France métropolitaine	0,51	0,37

Tableau 1-1. Croissance démographique annuelle moyenne en %

Entre 1990 et 1999 le taux de croissance annuel moyen de la population en France métropolitaine s'élevait à 0,37 % tandis qu'il était de 0,51 % sur la période intercensitaire précédente[6].

Pour le secteur Agglomération la croissance démographique est en deçà de la moyenne nationale sur les deux dernières périodes intercensitaire. En ce qui concerne le secteur Grésivaudan la situation est tout autre.

Sur la période 1982-1990 le taux de croissance annuel moyen est de 2,41 % et sur la période 1990-1999, malgré une légère baisse le taux de croissance annuel moyen atteint 2,15 %.

[6] www.recensement.insee.fr

Le dynamisme démographique du secteur Grésivaudan, par rapport au secteur Agglomération et aux autres secteurs périurbains de la RUG, est sans équivoque.

La population est concentrée sur Grenoble et dans les communes limitrophes (Figure 1-3). Des pôles secondaires se sont constitués ces vingt dernières années dans la vallée du Grésivaudan jusqu'à Pontcharra. Les communes situées entre Gières et Crolles, forment un groupe plus homogène que les autres communes de la vallée en direction de la Savoie.

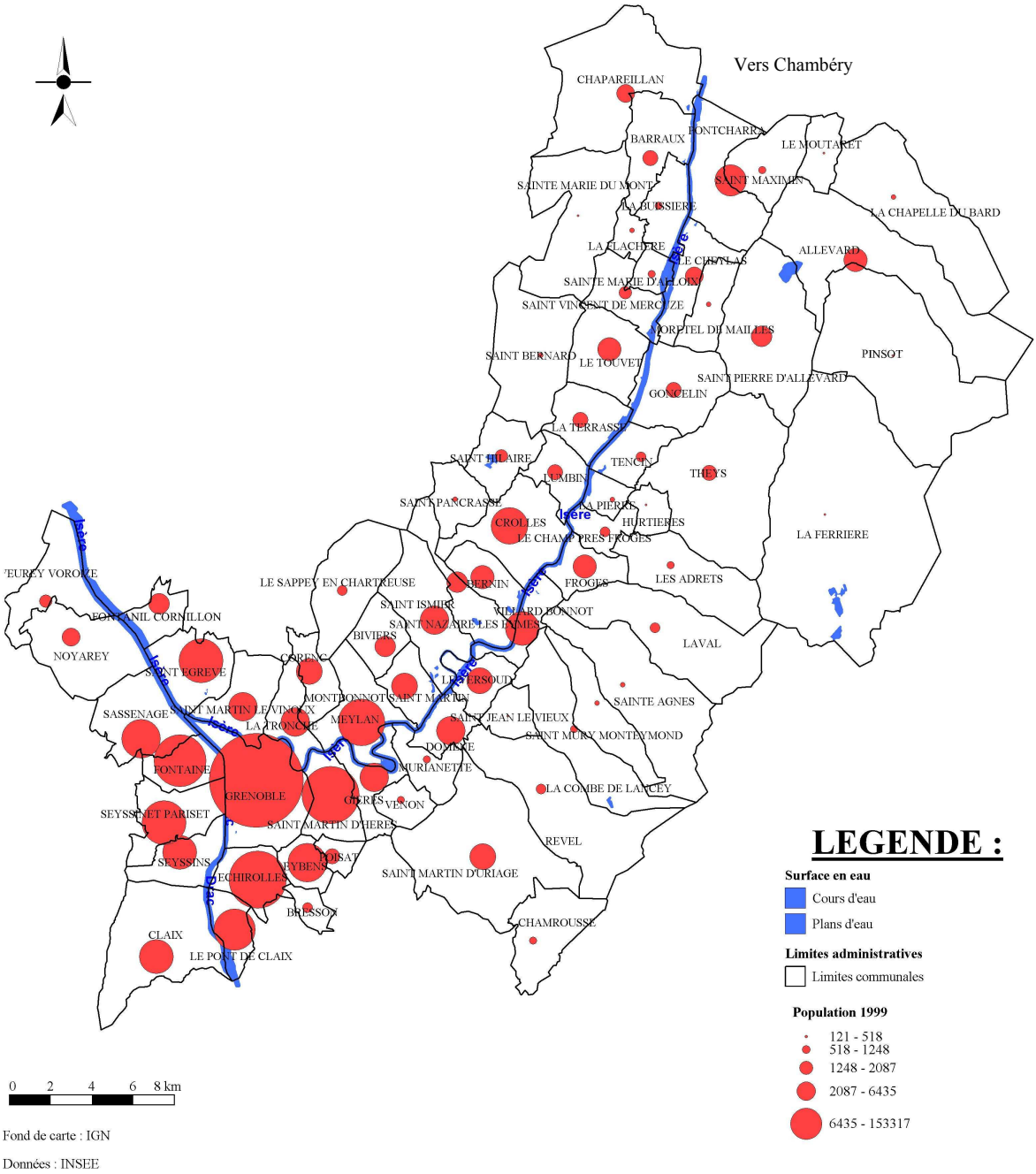


Figure 1-3. Répartition des habitants des secteurs Agglomération et Grésivaudan de la RUG

L'analyse du phénomène de périurbanisation sur les secteurs Agglomération et Grésivaudan de la Région Urbaine Grenobloise entre 1962 et 1999 est réalisée sous les angles démographiques, spatiaux et sociologiques.

Avant de développer ce point, prenons le temps de décrire rapidement ces deux secteurs illustrés par la Figure 1-4.

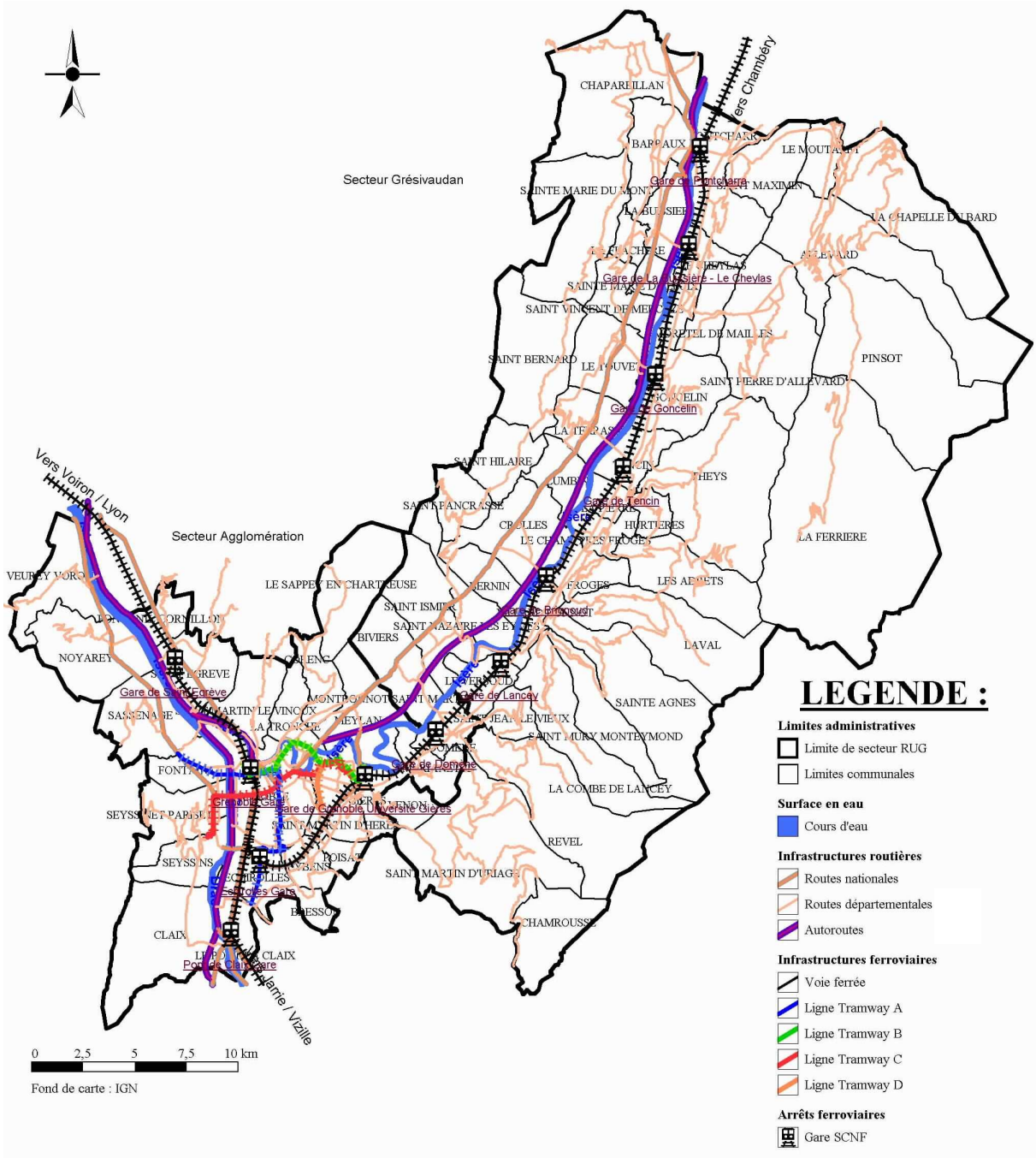


Figure 1-4. Les secteurs Agglomération et Grésivaudan de la RUG

Cette carte appelle plusieurs précisions. Le secteur Agglomération s'étend en direction des 3 vallées dessinées par l'Isère et le Drac et entourée par les massifs de Belledonne, Chartreuse et du Vercors. Le secteur Grésivaudan coincé entre les falaises de la Chartreuse à l'ouest et le massif de Belledonne à l'est est un territoire linéaire. Traversée par l'Isère en son milieu, la vallée du Grésivaudan offre peu de largeur. Sa topographie en gradin s'élève rapidement jusqu'au plateau des petites roches pour la rive droite et aux balcons de Belledonne sur la rive gauche. L'espace y est contraint, plus particulièrement sur la rive gauche. Des vallons étroits perpendiculaires à la vallée de l'Isère[7], offrent des passages ponctuels permettant d'accéder aux plateaux ou bassins intérieurs.

La population habitant dans les communes de plaine est plus nombreuse que celles situées sur les contreforts de Belledonne ou les plateaux des petites roches en Chartreuse. En effet, la plaine est propice au développement de l'urbanisation, alors que la raideur des pentes constitue un obstacle à toutes constructions.

Les secteurs sont desservis par plusieurs infrastructures routières qui longent les axes fluviaux. Les habitants disposent pour se déplacer d'un réseau routier dense et de bonne qualité :

- la A41 qui traverse la vallée du Grésivaudan en reliant Grenoble à la Savoie,
- la A48 assure la desserte Nord du département,
- la A480 permet les liaisons avec le Sud du département,
- le réseau secondaire de routes nationales et départementales est dense.

Les infrastructures ferroviaires sont de deux natures :

- Trois corridors ferroviaires convergent vers Grenoble. L'offre périurbaine permet un trafic TER entre les agglomérations de la région Rhône-Alpes. La portion Gières-Montmélian dans la vallée du Grésivaudan est non électrifiée.
- L'agglomération grenobloise est pourvue de trois lignes de tramway (la quatrième étant prévue pour 2007). Le réseau urbain de tramway capte une importante partie des déplacements des usagers des transports en commun de l'agglomération Grenobloise.

3. ETUDE DE LA PERIURBANISATION GRENOBLOISE

La périurbanisation peut être étudiée par différents indicateurs qui prennent en compte une approche démographique, sociologique de la population, morphologique du bâti et spatiale. En France, les données des différents recensements généraux de la population

[7] Ils correspondent aux gorges de raccordement des torrents affluents de l'Isère.

(RGP), répondent à ces différents questionnements en fournissant une information comparable dans le temps. Les données des RGP de 1962, 1968, 1975, 1982, 1990, 1999 ont ainsi été mobilisées pour les communes des secteurs Agglomération et Grésivaudan qui comptent respectivement 24 et 48 communes.

Il convient néanmoins de préciser que la commune de Chamrousse, créée en 1982, ne fait pas partie de l'étude. En effet, nous ne disposons pas d'informations statistiques antérieures à sa création. Notre analyse concerne donc 71 communes.

3.1. Variables utilisées

Afin de décrire la périurbanisation, 25 variables quantitatives ont été utilisées.

3.1.1. Les variables socio-démographiques et socio-économiques

Une population se définit par de nombreux indicateurs démographiques et socio-économiques tels que le sexe, la catégorie socioprofessionnelle (CSP), le niveau de diplômes, la taille des ménages, mais aussi par son évolution au cours du temps.

Pour comprendre le processus de périurbanisation, il semble important de prendre en compte l'évolution de la population entre plusieurs dates. L'augmentation ou la diminution d'une population est le résultat de plusieurs phénomènes, l'un lié au solde naturel (différence entre les naissances et les décès) et l'autre lié au solde migratoire (différence entre les immigrants et les émigrants). Dans notre étude, nous nous sommes exclusivement attachés au solde migratoire, et plus précisément au taux de croissance annuel moyen qui permet la comparaison entre périodes de durées variables. Les taux de croissance migratoire annuels moyens de cinq périodes intercensitaires : 1962-1968, 1968-1975, 1975-1982, 1982-1990 et 1990-1999, ont été intégrés.

La structure par âge fait partie des variables jouant un rôle important dans les facteurs explicatifs de la périurbanisation. Pour la qualifier, nous avons retenu trois groupes d'âge : les moins de 20 ans, les 20-39 ans, les 40-64 ans. Les plus de 65 ans sont regroupés dans la catégorie des « retraités ».

La structure socioéconomique, autre élément déterminant dans la périurbanisation, est ici appréhendée par la catégorie socioprofessionnelle de la personne de référence du ménage. Nous avons retenu la nomenclature en 8 classes qui reprend les agriculteurs, les artisans commerçants et chefs d'entreprise, les cadres et professions intellectuelles supérieures, les professions intermédiaires, les employés, les ouvriers, les retraités et les personnes sans activités.

La composition sociale d'une commune s'étudie encore par d'autres indicateurs tels que la part de la population étrangère ou encore le statut d'occupation des logements qui se caractérise par le fait d'être propriétaire, locataire ou encore logé gratuitement. Ce dernier indicateur permet de mettre en évidence d'éventuelles ségrégations spatiales et les différents modes d'urbanisations. Ici, a été retenue la part des propriétaires en 1999.

3.1.2. Les variables de typo-morphologie du bâti

Si les communes se distinguent par la composante sociale de la population la structurant, elle se caractérise également par la typo-morphologie de leurs bâtis que l'on peut analyser à travers la date d'achèvement de construction.

Dans notre étude nous nous sommes focalisés sur le taux de croissance annuel moyen de logements construits sur les périodes : 1949-1968, 1968-1975, 1975-1982, 1982-1990 et 1990-1999.

Une autre manière de décrire une commune est son type d'habitat caractérisé en maisons individuelles ou en logements en immeubles collectifs. Pour éviter les redondances d'informations, seule la part des maisons individuelles construites depuis 1915 dans le parc des résidences principales a été conservée.

3.1.3. Les variables spatiales

Pour envisager les aspects spatiaux et géographiques nous avons retenu exclusivement la mobilité des populations et l'étalement urbain mesuré par la distance kilométrique entre deux points.

Pour s'intéresser à la mobilité des populations nous nous sommes attaché aux données caractérisant les navettes domicile-travail disponibles dans le recensement de 1999, et plus particulièrement à la part des actifs travaillant dans une commune différente de leur commune de résidence et qui utilisent une voiture particulière pour effectuer leurs trajets. Ces « navetteurs » sont également appelés pendulaires ou migrants.

La distance kilométrique a été calculée entre le centre de chaque commune et le centre de Grenoble (localisé à la Mairie) à partir du réseau routier avec l'aide du logiciel SIG *Géoconcept®*. Si cette méthode de mesure est contestable dans l'absolu, elle permet cependant la comparaison entre les communes. Par ailleurs, il convient de préciser que cette variable n'a pas été intégrée dans les analyses statistiques en tant que variable active, mais elle apparaît néanmoins comme variable supplémentaire dans les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) (Annexe 1).

La plupart des variables sélectionnées sont exprimées sous la forme de taux (valeurs relatives), afin de privilégier la structure de l'information et de limiter « l'effet de taille »[8].

La problématique choisie pour étudier les dynamiques périurbaines de Grenoble et les informations recueillies pour tenter d'y répondre nous ont contraint à élaborer un tableau hétérogène (les variables, bien que toutes quantitatives sont à la fois des taux ou des valeurs absolues, et ne sont pas exprimées dans la même unité) et élémentaire (les sommes en ligne et en colonne ne sont pas pertinentes) qui implique un traitement par Analyse en Composantes Principales (ACP). Le nombre d'individus (71) et le nombre de variables (25) empêchent raisonnablement de procéder à des analyses univariées ou bivariées.

3.2. La méthode statistique employée

L'analyse de la périurbanisation repose sur l'utilisation combinée de deux méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle : l'analyse en composantes principales (ACP) et une classification en nuées dynamiques. L'analyse en composantes principales, méthode requise pour l'exploitation de matrices d'individus décrite par une succession de variables quantitatives, cherche à mettre en évidence des structures latentes, en proposant de nouvelles variables hiérarchisées entre elles, appelées facteurs. Cette méthode, qui s'appuie sur les interrelations et les proximités entre les variables, tend à réduire le nombre de colonnes d'un tableau. La classification en nuées dynamiques permet, quant à elle, de regrouper un ensemble d'individus en classes homogènes en fonction de critères ou de variables sélectionnés préalablement (ici, les principaux facteurs de l'ACP). Pour plus d'explications, nous laissons le lecteur se reporter aux Annexe 1 et Annexe 2 .

3.3. Les caractéristiques de la périurbanisation grenobloise

Avant d'étudier les résultats obtenus par l'analyse en composantes principales, il convient de présenter les principales caractéristiques de la zone étudiée.

Sur l'ensemble de la période (1962-1999), les taux de croissance migratoire annuels moyens sont positifs et oscillent entre 1 % et 2 % par an. La part de la population étrangère en 1999 représente 4 % de la population.

Selon le dernier recensement, la population étudiée se caractérise comme étant plutôt jeune puisque plus de la moitié de la population est âgée de moins de 39 ans et un tiers de 40 à 64 ans.

---

[8] Elles proviennent des données statistiques tirées des recensements généraux de la population, complétées par celles disponibles gratuitement en ligne sur le site de l'INSEE à l'adresse : http://www.recensement-insee.fr.
En dépit d'une faible marge d'erreurs (0,5%), ces données officielles issues d'un institut national peuvent être considérées comme fiables.

La structure socioprofessionnelle des personnes de référence d'un ménage inclut les actifs et les inactifs. Les retraités forment un groupe relativement important puisqu'une personne de référence sur quatre se positionne dans cette catégorie. Viennent ensuite les professions intermédiaires avec 19 %, puis les cadres 17 %, les ouvriers 16 %, les employés 8 % et enfin les artisans 7 %. Les personnes de référence sans activité professionnelle ne représentent quant à elle que 6 % de la population totale. En moyenne, cette population se définit comme disposant d'un bon niveau de qualification.

Parmi les actifs occupés, 7 sur 10 travaillent à l'extérieur de leur commune de résidence.

Une grande majorité de ménages (84 %) est en accession à la propriété ou propriétaire de son logement. Près des trois quart logent dans une maison individuelle.

Dans la zone étudiée, les périodes 1968-1975 et 1975-1982 sont les plus fastes en termes de construction de logements. En effet les taux de croissance annuel moyen sont respectivement de 5 et 4 % par an contre 2 et 3 % par an pour les autres périodes (1949-1968, 1982-1990 et 1990-1999).

Cette description globale masque les différences qu'il peut exister entre les communes de la zone étudiée et que nous présenterons ultérieurement avec les méthodes d'analyse exploratoire.

Par ailleurs, il est également intéressant d'étudier les relations entre les variables prises deux à deux. Dans le cas de variables quantitatives, ces liens sont calculés à partir des corrélations. Pour de plus amples précisions, nous laissons le lecteur se reporter à la matrice des corrélations produite par l'ACP (Annexe 3).

3.3.1. Les corrélations entre variables

Certaines variables sont très corrélées entre elles :

La population étrangère et les mouvements migratoires de la période 1962/1968 sont corrélés entre eux. Ce n'est plus vrai pour les autres périodes. La population étrangère s'est installée dans les communes du centre de l'agglomération s'urbanisant. La population étrangère se regroupe donc dans les grandes villes où des communautés anciennes existent. Elle ne se dilue que très peu dans les communes périurbaines.

Le taux de navetteurs est corrélé, d'une part, avec le taux de maisons individuelles et, d'autre part, avec le taux de propriétaires. Cette corrélation illustre la tendance décrite par le phénomène de la périurbanisation. Les gens n'habitent pas dans leur commune de travail, sont propriétaires de leur maison et vivent souvent à la périphérie de la ville. Le parc de logements

de ces communes de résidence est composé principalement de maisons individuelles. Une analyse plus fine nous permettra d'évaluer la pertinence de ce qu'il convient d'appeler un cliché.

Le taux de maisons individuelles et le taux de propriétaires sont aussi corrélés. Cela révèle un comportement culturel : l'idéal de la propriété privée c'est la maison individuelle, souvent à la périphérie de la ville.

Les taux de croissance annuels moyens de construction de logements sont corrélés entre eux. On observe que, selon les périodes, « le boom » des constructions s'est déroulé de manière continue tant dans le temps et l'espace qu'en volume. Ils marquent une évolution dans l'âge du bâti. On observe aussi que des périodes sont en opposition, elles traduisent la diffusion de bâti dans l'espace.

Pour une période donnée, les taux de construction de logements et de croissance de la population sont corrélés entre eux. Nous ne sommes pas en mesure d'affirmer lequel des deux détermine l'autre.

Pour les soldes migratoires les périodes intercensitaires qui se suivent de part et d'autre de la période 1975-1982 sont corrélées entre elles. La période 1975-1982 est une période charnière, de transition de la périurbanisation, les communes concernées ne sont plus les mêmes.

Les corrélations des CSP marquent des oppositions sociales. Un « effet club » de communes apparaît, celles qui regroupent des cadres et celles qui regroupent des ouvriers. On peut y associer des périodes d'établissement. Les communes où vivent surtout des cadres se sont périurbanisées entre les années 1968-1975. Pour les autres CSP le phénomène est réparti dans le temps.

Les corrélations des structures d'âges de la population marquent une opposition entre les communes dynamiques sur le plan démographique, les communes de résidence et les communes où la proportion de trentenaires est importante, les communes d'emploi. C'est un indicateur d'évolution familiale, les ménages avec enfants bien installés financièrement sont propriétaires de leurs maisons en périphérie. Ils travaillent en dehors de leur commune de résidence, ce sont des pendulaires. Ils se sont installés dans ces communes à partir des années 1975-1982.

Les communes qui regroupent une proportion importante de ménages dont la personne de référence est à la retraite, comptent généralement peu de jeunes.

Les habitants installés avant les années 1960, ne sont ni pendulaires, ni propriétaires de maisons individuelles. Il s'agit d'une population disposant de peu de ressources, souvent d'origine étrangère.

L'étude de la matrice des corrélations (Annexe 3) nous fournit donc des pistes pour interpréter l'analyse en composantes principales (qui ne fera que les synthétiser et les hiérarchiser).

3.3.2. L'interprétation des axes factoriels

L'analyse en composantes principales a pour objectif de résumer l'information contenue dans un tableau de données de grandes dimensions, en mettant en évidence de nouvelles formes d'organisation des variables.

L'interprétation d'une analyse en composantes principales repose d'abord sur le choix du nombre de facteurs à retenir, puis sur leur interprétation à partir des variables fortement corrélées en valeur absolue avec l'axe (corrélation proche de –1 ou +1) et enfin sur les ressemblances et les oppositions entre les individus (en ne considérant que ceux qui contribuent fortement à la création de l'axe et/ou qui ont par ailleurs une bonne qualité de représentation sur cet axe).

Pour expliquer le phénomène de périurbanisation, nous retiendrons les quatre premiers facteurs qui expliquent les deux tiers (67 %) de l'information du nuage de points. Le premier axe factoriel explique à lui seul 33 % de l'inertie, le second 15 % de l'information résiduelle (non expliquée par le premier axe), le troisième 12 % et le quatrième 7 %. D'un point de vue méthodologique, nous avons résumé un tableau à 25 dimensions en un tableau à 4 dimensions.

Pour donner une signification à chacun des axes, nous devons étudier les corrélations des 25 variables avec chaque facteur. Ne seront retenues que les plus fortes corrélations. Sur le premier axe, nous nous concentrerons sur les corrélations supérieures en valeur absolue à 0,6. Pour interpréter les deux axes suivants, seront conservées les corrélations supérieures à 0,5 en valeur absolue. Pour le dernier axe, compte tenu des faibles corrélations, nous retiendrons celles supérieures à 0,4 en valeurs absolues. Pour faciliter la lecture, les corrélations des variables avec chaque axe ont été représentées sur les Figure 1-5 et Figure 1-6.

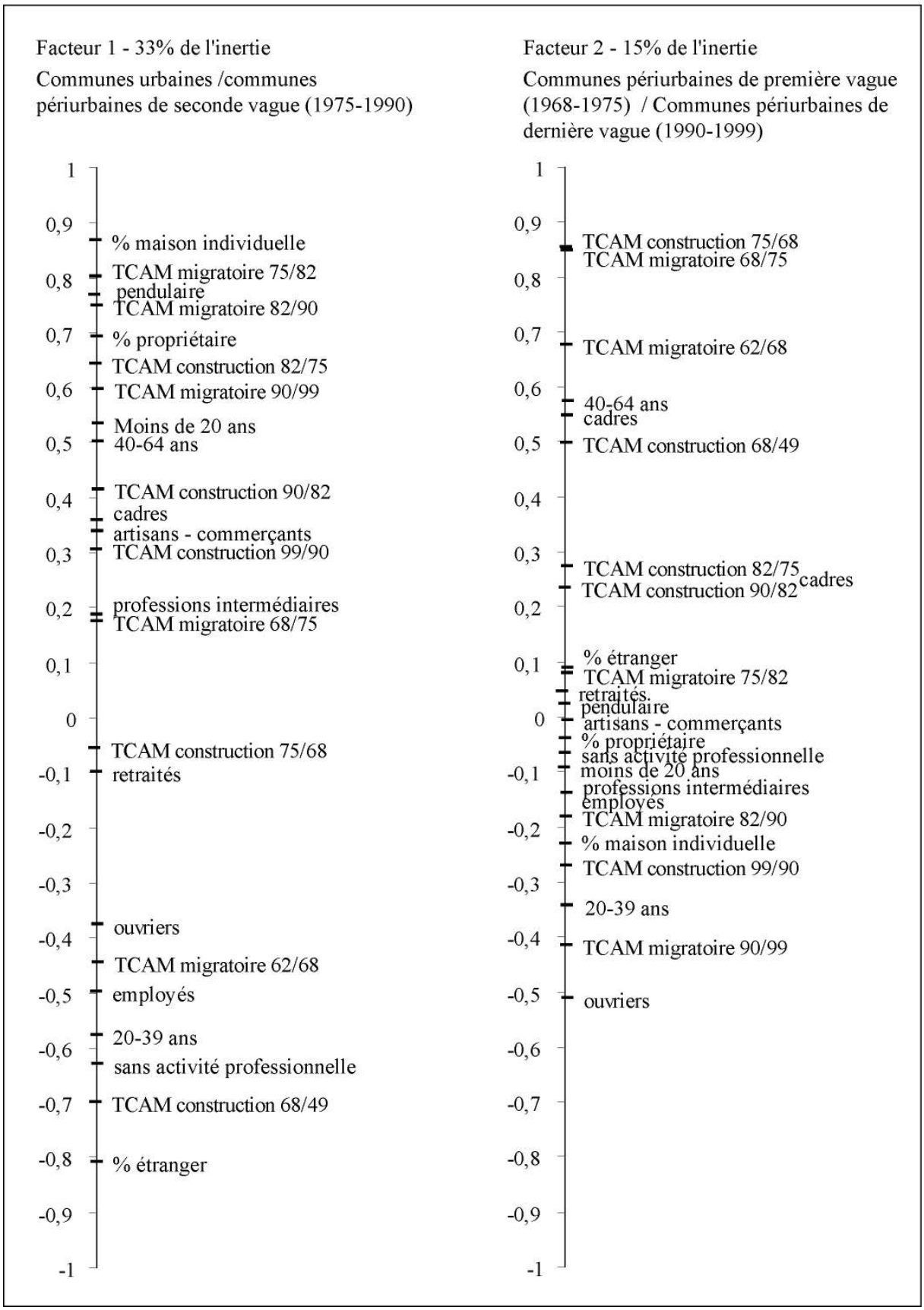


Figure 1-5. Corrélation des variables avec les deux premiers axes factoriels

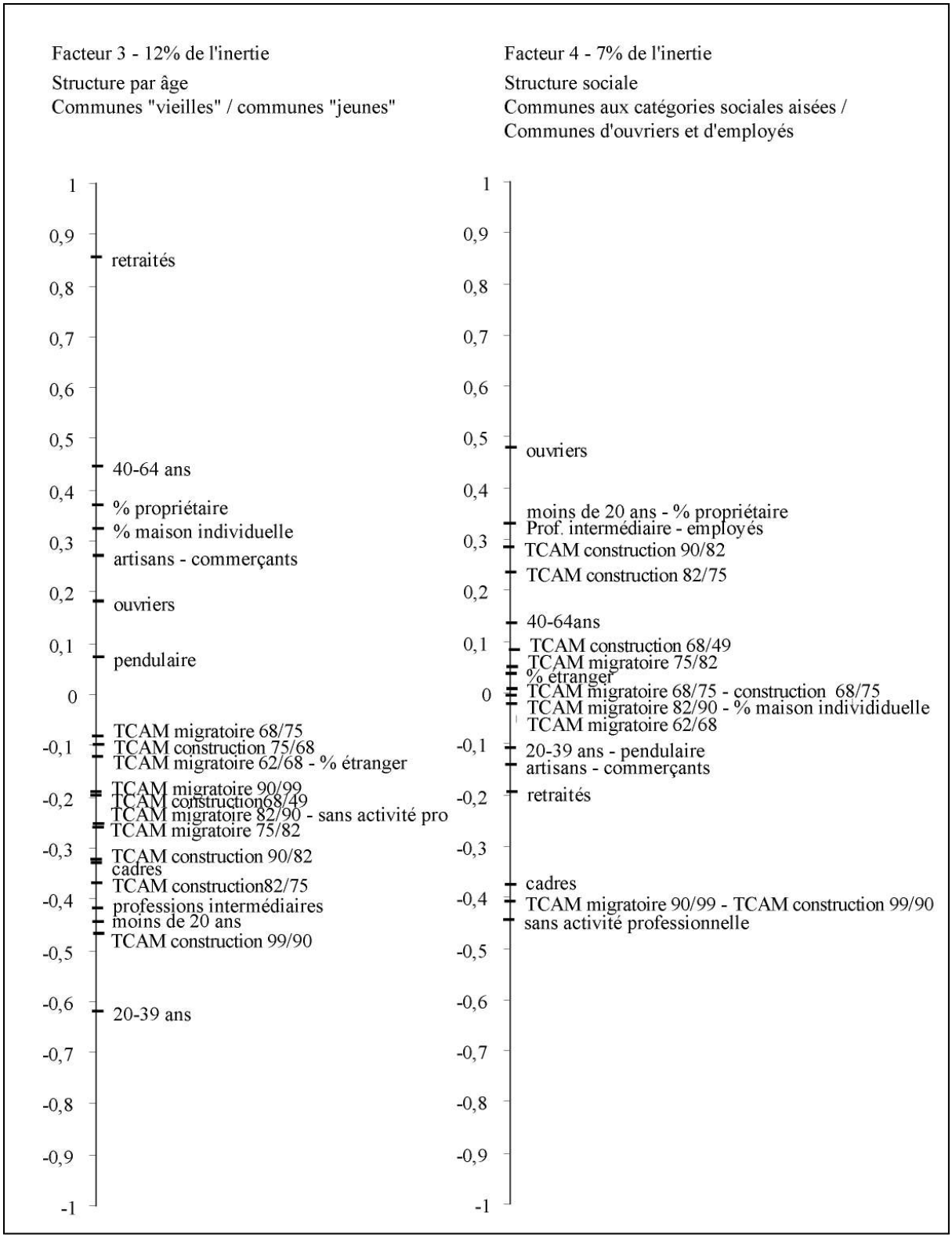


Figure 1-6. Corrélation des variables avec les axes factoriels 3 et 4

Passons maintenant à l'interprétation des différents axes, qui, au final, mettra en évidence des oppositions et des ressemblances entres des groupes de communes. Nous laissons au lecteur la possibilité de se reporter à l'Annexe 4 pour visualiser les coordonnées des individus, leur contribution et leur qualité de représentation sur les différents axes retenus.

3.3.2.1. Premier axe : communes urbaines / communes périurbaines de la seconde vague

Le premier axe, qui explique 33 % de l'inertie totale du nuage, met en évidence deux groupes de variables fortement corrélées. Les premières, de manière positive avec l'axe, sont : la part des maisons individuelles (0,86), la part des propriétaires (0,69), la part des pendulaires (0,77), les taux de croissance migratoire annuels moyens des périodes intercensitaires 1975-1982, 1982-1990 (respectivement 0,8 et 0,7) et le taux de croissance annuel moyen de construction de la période intercensitaire 1975-1982 (0,6).

Les variables fortement corrélées de manière négative sont : la part des étrangers (-0,8), le taux de croissance annuel moyen de construction de la période intercensitaire 1949-1968 (-0,7) et la part des sans activité professionnelle (-0,6).

Cet axe distingue deux groupes de communes qui s'opposent. Le premier groupe est constitué de communes ayant connu un développement de leur bâti plus soutenu sur la période 1949-1968 et qui accueillent en 1999 une forte population étrangère, ainsi qu'une part importante de ménages dont la personne de référence est sans activité professionnelle. Le second est composé de communes ayant connu, quant à elles, des arrivées plus massives entre 1975 et 1990 et dont les ménages acquièrent, en tant que propriétaires, des maisons individuelles. A noter que les actifs occupés de ces communes, travaillent à l'extérieur de leur zone de résidence et se déplacent en voiture particulière pour se rendre sur leur lieu de travail. Au final cet axe oppose des communes urbaines et/ou des bourgs-centre anciens (en bleu sur la Figure 1-7) à des communes périurbaines de la seconde vague (1975-1990) (en rouge sur la Figure 1-7).

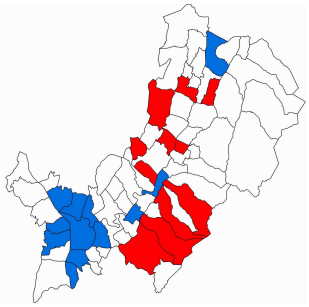


Figure 1-7. Communes du premier facteur

LES COMMUNES URBAINES

A l'exception de deux communes situées en périphérie, ce groupe concerne principalement le secteur Agglomération de la RUG.

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, Grenoble est une ville centre aux abords de laquelle se sont agglomérés des faubourgs résidentiels (La Tronche, Saint Martin le Vinoux Seyssinet Pariset) ou industriels (Domène, Echirolles, Fontaine, Le Pont de Claix, Saint Egrève, Saint Martin d'Hères) (PARENT, 1982, p. 102). Historiquement, ces communes d'habitat limitrophe de Grenoble, correspondent aux vieux villages qui se sont constitués sur les premiers contreforts des collines pour se mettre à l'abri des inondations du Drac et de l'Isère, et qui aujourd'hui sont les plus peuplées.

Des communes telles que Domène, Saint Egrève ou Le Pont de Claix sont les berceaux de l'industrie grenobloise du XIXème siècle (papeteries de Domène et premières industries chimiques au Pont de Claix). D'autres communes excentrées comme Villard Bonnot et Pontcharra ont contribué également à ce développement

La croissance urbaine de l'après guerre s'est concentrée sur Grenoble et ses plus proches communes périphériques. L'urbanisation s'est faite par densification du bâti « *intra muros* ». A Grenoble, comme partout ailleurs en France, il faut reconstruire les destructions occasionnées par la guerre, mais surtout bâtir des logements pour faire face au baby-boom, à l'exode rural et à l'arrivée des rapatriés des colonies et protectorats, dans le contexte de l'industrialisation qui a suivi la seconde guerre mondiale.

La croissance du taux de construction de logements n'est pas uniforme pour toutes les communes. Des différences existent entre les communes qui disposent d'un bâti ancien important (Grenoble, La Tronche, Saint Martin le Vinoux 5 % par an en moyenne pendant 18 ans) et celles qui libèrent des terrains anciennement agricoles pour la construction de logements afin de faire face à l'arrivée de nouveaux habitants (Echirolles, Saint Martin d'Hères 13 % par an en moyenne pendant 18 ans !).

Pour les communes de Domène, Villard Bonnot et Pontcharra le faible taux de construction de logement (2 % par an en moyenne pendant 18 ans) est dû à des contraintes topographiques. Les terrains disponibles pour la construction de logements sont peu nombreux.

Les logements construits sont des immeubles collectifs. Ils représentent par exemple 96 % des logements sur Grenoble et près de 90 % sur Saint Martin d'Hères et Echirolles.

En ce qui concerne la croissance démographique des communes on retrouve les mêmes disparités. Les soldes migratoires sur la période 1962-1968 sont très faibles pour les communes disposant d'un bâti ancien (ou négatifs comme à Grenoble) ou sur les communes disposant d'une industrie ancienne comme Domène (ou négatifs comme à Villard Bonnot). Par contre pour les communes connaissant un rythme soutenu de construction de logements, la croissance moyenne du solde migratoire par an est très forte (13 % par an à Saint Martin d'Hères ou Echirolles).

La corrélation entre « nouvelles constructions » et « arrivée de nouveaux habitants » est avérée mais nous ne sommes en mesure de dire lequel en est à l'origine. Ce qui est certain c'est que l'on assiste à une densification du bâti dans ces communes.

Ces nouveaux habitants proviennent des communes de la vallée subissant l'exode rural (Hurtières, La Combe de Lancey, La Chapelle du Bard, Le Moutaret, Pinsot, Revel, Saint Hilaire, Saint Jean le Vieux, Saint Mury Monteymond, Saint Pierre d'Allevard, Sainte Agnès, Sainte Marie du Mont ou Villard Bonnot) et de Grenoble dont le mouvement migratoire est négatif au cours des années 50 et 60.

Les populations étrangères (italienne, espagnole, portugaise, algérienne, tunisienne et marocaine) se sont installées massivement dans les communes du secteur Agglomération. Plusieurs raisons expliquent cette présence dont l'importance du parc de logements sociaux avec lequel elle est corrélée. La répartition de la population étrangère permet une lecture spatiale de la localisation du logement social :

- 74 % de la population étrangère est répartie sur 5 communes : Grenoble 41 %, Saint Martin d'Hères 14 %, Fontaine 9 %, Echirolles 8 % et le Pont de Claix 4 %,
- 75 % du parc HLM est concentré sur 5 communes du centre du secteur Agglomération : Grenoble 41 %, Echirolles 16 %, Fontaine 7 %, Saint Martin d'Hères 7 % et Le Pont de Claix 4 %.

Les grands ensembles collectifs construits dans les années 1960 sont « *destinés à tous les salariés, de l'OS à l'ingénieur* » (DONZELOT, 2006, p. 46). Ils sont érigés selon les principes de l'urbanisme fonctionnel hérités de Le Corbusier et de la Charte d'Athènes, tels que le quartier Teisseire (cité de 1 000 logements où sont incorporés équipements publics et commerces), la cité Léon Jouhaux et la cité Mistral composée de barres et de tours de 15 étages et où l'immeuble le plus long mesure 500 mètres, et surtout le quartier de la Villeneuve localisé sur les communes de Grenoble et Echirolles.

Pour une large part, ces logements appartiennent toujours aux offices HLM, mais la composition sociale actuelle des résidents n'est cependant plus la même qu'à l'origine. Vidés dans les années 1970-1980 des couches moyennes et supérieures, ces quartiers n'ont gardé que les populations les plus fragiles économiquement, ainsi qu'une grande part de la population étrangère. Devenus des ghettos ethniques (avec sur représentation des populations étrangères) et économiques (absence d'activités économiques et chômage important), ces quartiers concentrent les difficultés sociales importantes.

La population étrangère ne s'est pas diluée dans l'ensemble des communes mais est restée largement concentrée sur les communes d'Echirolles, Saint Martin d'Hères, Grenoble et Fontaine.

Arrivées dans les années 1950-1960 pour occuper des emplois peu qualifiés dans l'industrie et le bâtiment, ces populations les plus fragiles ont été frappées durement avec la fin des Trente Glorieuses. Nous les retrouvons aujourd'hui reléguées dans les parties du parc immobilier les plus dévalorisées.

Sur le plan économique, ces communes ont accueilli d'importantes activités industrielles ce qui explique que l'on y trouve une concentration de ménages dont la personne de référence du ménage résidant occupe un poste d'ouvrier ou d'employé. C'est le cas des communes de Saint Martin d'Hères et Grenoble qui, de plus, concentrent une grande partie des ménages dont la personne de référence est sans activité professionnelle.

La forte présence des ménages dont la personne de référence est ouvrier ou employé dans les communes de Domène, Villard Bonnot ou Pontcharra prend son origine dans l'histoire économique de la région. Ces communes ont accueilli nombres d'industries au XIXème siècle ou développé des activités autour de la production de la pâte à papier (PARENT, 1991).

Le passé industriel des communes de la rive gauche s'est traduit par un peuplement plus ancien, plus abondant, mais aussi à la « culture » industrielle plus marquée que sur les communes de la rive opposée. Enfin, le foncier est plus abordable sur ces communes pour les ménages modestes (conditions climatiques humides, activités industrielles qui jouxtent les zones d'habitat…).

Le coût élevé des logements, conséquence de la pression foncière, ainsi que la forte présence d'une population jeune (âgée entre 20 et 39 ans) explique la domination de l'habitat locatif sur l'habitat propriétaire dans les communes du centre du secteur Agglomération. L'accession à la propriété dépend de facteurs tels que l'appartenance à une catégorie sociale, les revenus... L'habitat apparaît comme un révélateur des disparités sociales.

La jeunesse de la population de Grenoble et des communes limitrophes, s'explique de différentes manières.

Grenoble constitue un pôle universitaire localisé sur les sites du campus à Saint Martin d'Hères et Gières, à Grenoble (Ecoles d'Ingénieurs, CEA, Institut de Géographie Alpine, Institut d'Urbanisme), à La Tronche (Pharmacie, médecine) et à Echirolles (Institut de la communication).

Au total, ce sont plus de 60 000 étudiants qui cherchent à se loger à Grenoble même ou dans sa proche périphérie, à proximité des établissements d'enseignements. Ces communes disposent d'un parc de logements, à destination des étudiants, relativement important et l Leur attractivité est renforcée par la présence de plusieurs lignes de transports en commun qui assurent la desserte du campus (deux lignes de tramway et plusieurs lignes de bus). Ces éléments concourent à renforcer la localisation des jeunes à proximité du campus. On observe ainsi une forte présence des jeunes adultes dans Grenoble, Saint Martin d'Hères ou La Tronche (respectivement 39 %, 42 % et 34 % de la population totale). Ces communes attirent aussi bien les jeunes adultes arrivant dans l'agglomération pour effectuer des études ou travailler que ceux issus de la décohabitation des familles grenobloises.

Enfin, la jeunesse de la population explique également les comportements démographiques dynamiques des populations étrangères.

En conclusion, le centre de l'agglomération grenobloise est relativement jeune, la population étrangère joue un rôle important, l'habitat est ancien et les ménages sont d'un niveau très modeste.

COMMUNES PERIURBAINES DE LA SECONDE VAGUE

Le deuxième groupe (en rouge sur la Figure 1-7) concerne principalement des communes du secteur Grésivaudan localisées sur les versants de la Chartreuse (pour la rive droite) ou sur les contreforts de Belledonne (pour la rive gauche) qui bénéficient d'un cadre essentiellement rural combiné, pour certaines, à de bonnes conditions d'ensoleillement. Par ailleurs, cet ensemble de communes a connu une périurbanisation tardive, débutant en 1975. Auparavant ces communes, éloignées de Grenoble, étaient considérées comme rurales et excentrées des bassins d'emploi.

Les structures mises en évidence sont différentes selon que les communes se localisent sur les versants des massifs de la Chartreuse et de Belledonne ou en fond de vallée.

Avant 1975 on constate plutôt un exode de la population des communes situées sur les versants (comme La Combe de Lancey, Sainte Agnès ou Morêtel de Mailles). De nombreuses

communes ont profité de l'ère industrielle au XIXème siècle pour asseoir leur développement économique (extraction minière des gisements de métaux (fer, zinc…) et métallurgie comme Morêtel de Mailles, (mais aussi La Ferrière et Pinsot)).

L'hydraulique industrielle et l'hydro-électricité ont été les moteurs essentiels de l'industrialisation précoce de la vallée du Grésivaudan (scieries, papeteries…) grâce à la découverte et au développement de la « Houille Blanche » par Aristide Bergès. Ces activités périclitant au cours du XXème siècle, la population ne s'est pas maintenue et la démographie a chuté, les habitants cherchent à quitter ces communes.

L'arrivée de nouveaux résidents depuis 1975 dans ces communes n'est pas liée à la renaissance de l'activité industrielle, mais à la recherche d'un habitat moins cher, tranquille… de la part des citadins.

Pour les communes du fond de vallée comme Bernin, Lumbin ou La Pierre mais aussi Saint Bernard ou Saint Martin d'Uriage sur les versants de Chartreuse et de Belledonne, le solde migratoire est positif depuis 1962.

La période 1975/1982 marque un renversement de la tendance (déjà entamée pour certaines communes sur la période précédente comme Revel, Saint Pancrasse ou Saint Vincent de Mercuze), les soldes migratoires sont positifs pour toutes ces communes (rive droite / gauche et fond de vallée / versants confondus) jusqu'au dernier recensement disponible.

La croissance démographique est également accompagnée de construction de logements sur ces périodes. La forte proportion de maisons individuelles confirme un trait de la périurbanisation évoquée au début de ce chapitre. Par rapport aux communes du premier groupe marquées par un bâti dense et ancien, les constructions dans les communes du second groupe sont récentes ; puisqu'elles disposent de terrains libres. Le cadre de vie agréable de ces communes est attractif pour les ménages avec enfants.

Le phénomène de périurbanisation a été plus précoce dans sa manifestation sur la rive droite que sur la rive gauche mais à partir de 1975 il concerne l'ensemble de la vallée du Grésivaudan. La périurbanisation fonctionne comme du mitage puisque ce sont des communes isolées qui sont concernées.

Dans la durée, la diffusion spatiale s'effectue en fonction de la distance à Grenoble et non plus en fonction d'un clivage rive droite/rive gauche. La non disponibilité de terrains ou leurs coûts élevés dans les communes de la vallée obligent les ménages à se loger de plus en plus loin de Grenoble et surtout de plus en plus haut. Les premières disparités rive gauche / rive

droite sont effacées avec le temps. La présence de l'autoroute (A41) et des échangeurs, de la route nationale (RN90) sur la rive droite bénéficient à Bernin, Lumbin et Saint Vincent de Mercuze. Pour la rive gauche, c'est la présence de la route départementale (RD523) qui explique aussi cette diffusion spatiale du bâti dans la vallée (Morêtel de Mailles, La Combe de Lancey, La Pierre et Revel).

La construction de nouveaux logements progresse sur les terrains libérés dont la vocation précédente était agricole. Il s'agit surtout de logements de type maisons individuelles pour lesquels les habitants sont propriétaires. En effet, la part des maisons individuelles dans l'ensemble des résidences principales est en 1999 supérieure à 75 % et le taux de propriétaire est quant à lui supérieur à 83 %.

Les propriétaires ont la quarantaine passée et ont des enfants, l'installation des ménages en périurbain se réalise alors que les familles sont déjà constituées.

Les ménages de ces communes ayant majoritairement entre 40 et 64 ans exercent des activités de cadres, d'artisans ou occupent une profession intermédiaire.

Il s'agit de communes résidentielles car 80 à 85 % des actifs sont des actifs travaillant dans une commune autre que leur commune de résidence. La population à l'origine de la croissance démographique de ces 30 dernières années travaille donc dans la vallée. Crolles est une exception puisque 69 % des actifs sont pendulaires, elle dispose de plus d'emplois sur son territoire que les autres communes.

Cet axe oppose donc les communes de Grenoble et sa proche banlieue aux communes périurbaines qui se sont développées à partir de 1975.

3.3.2.2. Second axe : première vague de périurbanisation / dernière vague

Le second axe, qui explique 15% de la dispersion du nuage de points autour de son centre de gravité, est caractérisé par sept variables. Pour celles qui sont corrélées de manière positive avec l'axe, nous notons les taux de croissance migratoire annuels moyens des périodes intercensitaires 1962-1968 (0,6) et 1968-1975 (0,8), et le taux de construction annuel moyen de la période 1968-1975 (0,8). Viennent ensuite dans une moindre mesure des variables socio-économiques : la part des 40-64 ans (0,6) et les cadres (0,5). A l'opposé, seule la part des ouvriers (0,5) est corrélée de manière négative.

Cet axe oppose des communes qui, ayant connu des taux de croissance migratoire annuels moyens soutenus entre 1962 et 1975, accueillent en 1999 une part importante de cadres et de personnes âgées ayant entre 40 et 64 ans, à des communes qui comportent, quant

à elles, une part importante d'ouvriers et dont le taux de croissance migratoire annuel moyen est faible sur la période 1962-1975, mais qui connaissent un développement sur la dernière période intercensitaire.

Cet axe met en opposition les communes dites de la première vague de périurbanisation marquée par une sur-représentation des ménages appartenant aux catégories sociales supérieures à celle de la dernière vague caractérisée par une population appartenant davantage à la classe ouvrière.

Outre les périodes et l'appartenance aux catégories socioprofessionnelles, ces communes se distinguent aussi par leur localisation, celles de la première vague situées majoritairement sur la rive droite de l'Isère (en bleu sur la Figure 1-8) et celles de la dernière vague sur la rive gauche (en rouge sur la Figure 1-8).

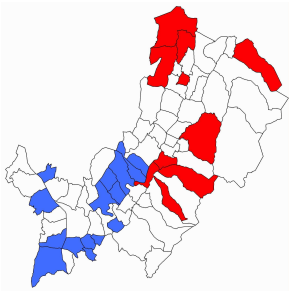


Figure 1-8. Communes du second facteur

LES COMMUNES DE LA PREMIERE VAGUE

Les communes de la première vague de périurbanisation sont localisées sur la rive droite du Grésivaudan, concerne celles du secteur Agglomération qui n'ont pas connu de phase d'urbanisation très soutenue pendant la période 1949-1968 (Claix, Poisat et Seyssins où se construisent des maisons) et celles dont le mouvement de construction se poursuit, comme à Echirolles (construction du village olympique pour les J.O. de 1968, construction de la Villeneuve et des quartiers de l'Arlequin et des Baladins).

Les communes de la rive droite connaissent une modification de leur structure socio économique au cours des années 1950-1960. Cette période est marquée par deux phénomènes qui se compensent, d'une part, la disparition des activités agricoles entraînant la baisse des agriculteurs dans la population active (exode rural depuis les années 1950) et de leur influence dans la vie politique locale et d'autre part, l'arrivée importante de familles appartenant aux classes supérieures. Ce sont les représentants d'une population qui a quitté l'agglomération grenobloise pour venir habiter dans des communes encore rurales, plus champêtres.

La modification de la composition sociale de la population vivant dans ces communes s'est d'ailleurs traduite par une transformation de la structure sociale des conseils municipaux. Essentiellement composés d'agriculteurs dans les années 1950, leur composition se modifie progressivement au fil des élections municipales durant les années 60 au profit de nouveaux élus citadins issus d'autres classes sociales (ARCHAMBEAU, 1976). Cette transformation structurelle a eu un impact très fort pour le développement de la périurbanisation sur ces communes.

En parallèle de cette évolution, l'exode rural se traduit par la libération des terrains agricoles. Ceux de la vallée bénéficient d'une forte planitude, de conditions climatiques favorables et d'un ensoleillement important. L'urbanisation s'est développée au pied de la Chartreuse sur les pentes douces orientées Nord Est-Sud Ouest, faisant face au Sud Est. Cette situation d'adret explique les conditions d'ensoleillement et le désir d'habiter en ces lieux. Ces terrains en plaine contrastent avec les coteaux pentus et instables, libérés de la vigne, que l'on trouve sous les falaises de la Chartreuse. Ces éléments expliquent la concurrence qui se livre entre les différents usages sur les terrains : culture ou urbanisation.

La construction de nouveaux logements, immeubles parfois, maisons individuelles souvent, va se dérouler sur les terrains de la vallée de manière intense mais brève, sur la période 1968 - 1975 : 10 à 15 % de construction de résidences principales en moyenne par an pendant 7 ans (le taux moyen par an est de 3 à 7 % sur la période suivante). Les constructions auront lieu ensuite sur les coteaux. Les nouveaux habitants sont à la recherche de l'accession à la propriété mais aussi de l'amélioration ou de l'agrandissement du logement.

Avec le temps, ces communes sont devenues très résidentielles, voire très chics. Elles comportent une population déjà bien installée et disposant de ressources financières confortables comme le montre l'importance des ménages appartenant à la catégorie socioprofessionnelle des cadres. En effet, près d'un tiers des personnes de référence occupe un emploi de cadre contre 17 % pour la zone étudiée, soit un écart de 16 points.

Le passage des communes de la rive droite du statut de communes agricoles à celui de communes résidentielles va de pair avec l'arrivée en 1971 de la Zone pour l'Innovation et les Réalisations Scientifiques et Techniques (ZIRST) à Meylan (le tronçon de l'A41 entre Grenoble et Chambéry ne sera ouvert qu'en 1978). Les activités de pointe qui vont s'y développer favorisent l'implantation à proximité de toute une main d'œuvre qualifiée disposant de bons revenus.

Bien que située sur la rive gauche, mais en hauteur, Venon connaît une évolution similaire (arrivée de nouveaux habitants entre 1968 et 1975) et d'une égale intensité (16 % de construction nouvelles en moyenne par an entre 1968 et 1975) que les communes de la rive opposée. Sa périurbanisation est également liée à sa situation géographique. Elle offre l'accès le plus proche de Grenoble aux contreforts de la chaîne de Belledonne. De plus, le panorama sur l'agglomération grenobloise, le Vercors et la Chartreuse est incomparable. L'exposition, l'ensoleillement et la proximité de Grenoble, de la vallée du Grésivaudan et du campus universitaire de Saint Martin d'Hères/Gières donne à cette commune un cadre de vie encore très naturel aux citadins. 30 % des personnes de référence vivant dans les résidences principales sont des cadres, le taux de maisons individuelles est de 100 %.

La première vague de la périurbanisation sur la rive droite de la vallée du Grésivaudan se réalise en même temps que l'urbanisation des dernières communes périphériques de Grenoble. Les communes de Claix, Poisat et Seyssins localisées dans le secteur Agglomération ont peu été touchées par l'urbanisation avant 1968. C'est à partir de cette date qu'elles sont confrontées à l'arrivée de nouveaux habitants et à la construction de nouveaux logements.

LES COMMUNES DE LA DERNIERE VAGUE

Ces communes sont en marge du développement économique de Grenoble et de sa région au cours des années 1950, 1960 et 1970. La disparition progressive des activités industrielles sidérurgiques, métallurgiques, minières et la réduction des activités papetières et agricoles dans l'économie locale n'encourage pas les jeunes ménages à s'installer dans cette partie de la vallée du Grésivaudan.

L'arrivée de nouveaux habitants au cours des années 1980, mais surtout durant les années 1990-1999, est le signe d'une progression de la périurbanisation dans la vallée. Notons que cette arrivée ne s'est pas accompagnée de constructions nouvelles, les ménages réhabilitant d'anciens logements au lieu d'en construire.

Ces nouveaux habitants ont emménagé sur les communes situées aux abords des contreforts des Balcons de Belledonne ou sur les versants de la Chartreuse (Sainte Marie du Mont, Sainte Marie d'Alloix) où le coût du foncier est bien moindre que sur les communes de la rive droite de la vallée du Grésivaudan.

La topographie est plus contraignante pour les communes de Villard Bonnot, Froges et Tencin situées sur la rive gauche, que pour celles de la rive droite et joue un rôle dans le développement des activités humaines. En effet, les talus des balcons de Belledonne jouxtent

sans transition le couloir fluvial, et l'on passe ainsi directement d'un site montagnard à un site de plaine. En plus, l'Isère qui coule à proximité du massif de Belledonne restreint l'espace utilisable pour les activités. Au final il ne reste qu'une mince bande accessible n'excédant guère 1 000 mètres de large, au climat humide et où se trouvent pêle-mêle habitat, industries, routes et voie ferrée.

Ces communes ont vu s'installer de nouveaux ménages relativement jeunes et plus modestes que ceux installés sur la rive opposée. Plus du quart de la population a entre 20 et 39 ans. Près d'une personne de référence d'un ménage sur quatre occupe un emploi d'ouvrier (sur représentation de 10 points par rapport à la zone étudiée).

Cet axe met en opposition des communes de la rive droite bien exposées à l'ensoleillement dans lesquelles résident des ménages dont la personne de référence est cadre face aux communes de la rive gauche plus modeste et ne bénéficiant pas des même conditions climatiques. La diffusion de l'habitat suit donc une double logique, d'une part un développement auréolaire de l'urbanisation à partir de la seconde vague de périurbanisation et d'autre part un développement asymétrique marqué par un clivage sociologique (ancien) entre les communes de la rive droite et de la rive gauche du Grésivaudan pendant la première vague de périurbanisation. Cet axe oppose les communes selon les périodes de périurbanisation, il y a une progression du phénomène, dans l'espace et dans le temps, qui concerne des couches sociales différentes.

3.3.2.3. Troisième axe : population jeune / population âgée

Le troisième axe décrit 12 % de l'information contenue dans la matrice. Il oppose, quant à lui, des communes selon leur structure par âge. Ce facteur distingue d'un côté des communes où les personnes âgées sont sur-représentées (en bleu sur la Figure 1-9) à des communes où les jeunes ayant entre 20 et 39 ans sont sur-représentés (en rouge sur la Figure 1-9).

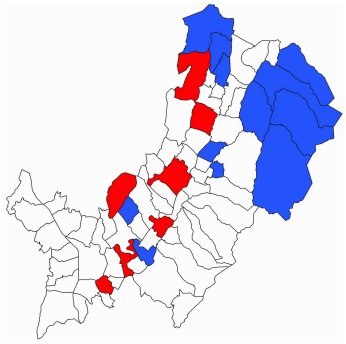


Figure 1-9. Communes du troisième facteur

LES COMMUNES A POPULATION « JEUNE »

La proportion cumulée de population jeune et très jeune est de l'ordre de 57 à 63 % de la population totale sauf à Sainte Marie du Mont où 72 % de la population a moins de 40 ans. Il s'agit de jeunes ménages avec enfants qui se sont installés dans ces communes. La population est dynamique sur le plan démographique et disposant d'une bonne situation. La personne de référence du ménage dans le logement exerce une profession intermédiaire ou est cadre.

Il s'agit du renforcement de la périurbanisation. Les communes proches de Grenoble mais aussi des zones d'emplois importantes (Meylan, Crolles) sont concernées si elles se situent sur les versants (Le Sappey en Chartreuse, Le Touvet ou Sainte Marie du Mont) ou dans la vallée (Le Versoud, Eybens et Gières). Les habitants se sont polarisés sur les communes proches des zones dynamiques en termes d'emploi sur la dernière période intercensitaire comme par exemple la constitution d'un nouveau pôle scientifique à Crolles accompagné d'un renforcement des activités de recherche sur Grenoble.

L'urbanisation de la plaine de Crolles à partir du milieu des années 70 provient d'une politique combinée d'assèchement des marais et de maîtrise des crues de l'Isère dès les années 1950. Cette dernière permet de libérer des terrains pour la construction de logements et de définir la superficie allouée à l'actuelle zone d'activité qui regroupe aujourd'hui des entreprises comme ST microélectronique, Philips, Motorola, Petzl, Teisseire...

Le cadre naturel de Crolles n'est pas sans rapport avec l'implantation d'une importante zone industrielle et d'activité. Les employés de ces entreprises résident à proximité du lieu ou ils exercent leur activité.

LES COMMUNES A POPULATION AGEE

Les ménages des résidences principales dont la personne de référence est à la retraite comptent près de 30 % des ménages. La population de ces communes est plus âgée que celle des autres communes.

Ces communes ont accueilli nombre d'industries au XIXème siècle ou développé des activités traditionnelles de production : scieries, atelier mécanique, métallurgie et sidérurgie à Saint Pierre d'Allevard, Tencin, extraction minière à Pinsot ou à la Ferrière, papeteries à Pontcharra, activités thermales à Allevard (PARENT, 1991).

La désindustrialisation progressive des activités traditionnelles de la vallée du Grésivaudan s'est traduite par l'exode des jeunes, les plus âgés sont restés.

Le troisième axe souligne l'opposition entre les communes à population jeune et des communes à population âgée. Il souligne aussi les communes dont l'activité économique s'est trouvée modifiée aux cours des années 1970.

3.3.2.4. Quatrième axe : hiérarchie de la structure sociale

Le quatrième axe, qui explique une information résiduelle, hiérarchise les communes selon leur structure sociale. Il oppose d'une part des communes à forte concentration de catégories sociales aisées ou de personnes sans activité (des étudiants que l'on retrouve à proximité de leurs lieux d'études) (en rouge sur la Figure 1-10) à des communes dont la personne de référence appartient majoritairement à la classe des ouvriers (en bleu sur la Figure 1-10).

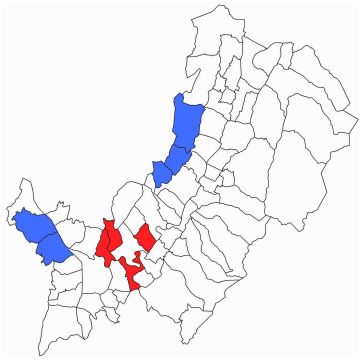


Figure 1-10. Communes du quatrième facteur

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P.) nous a donc permis de mettre en évidence des traits originaux d'organisation de l'espace des secteurs Agglomération et Grésivaudan de la RUG. Certains facteurs sont apparus décisifs comme les structures démographiques et les structures de l'habitat. Ces derniers se lisent spatialement dans un schéma original qui mêle à la fois diffusion auréolaire et diffusion asymétrique (qualité des sites).

La croissance de construction de logements fait apparaître une structure à la fois asymétrique (rive droite / rive gauche) et auréolaire (avec le temps cette asymétrie géographique s'efface, la diffusion de l'urbanisation concerne toute la vallée).

L'ACP nous a permis d'observer une double asymétrie de la périurbanisation liée à la localisation sur la rive gauche ou droite de l'Isère et située en fond de vallée ou sur les versants. Avec le temps, on a assisté à un rééquilibrage des mouvements de périurbanisation entre la première vague de communes concernées et les communes touchées plus tardivement, à partir de 1975-1982. Cette seconde vague a concerné une population souvent modeste qui

quitte le coût élevé de la vie au centre-ville, alors que la première a concerné une population aisée en quête de liberté.

La périurbanisation différente entre les communes de la rive droite et de la rive gauche marque aussi une fracture sociologique selon la rive de résidence : cadres sur rive droite / ouvriers sur rive gauche.

Selon la localisation sur la rive droite / gauche le développement économique des communes depuis plus d'un siècle a été également différent. La rive a joué un rôle déterminant dans cette évolution. Les changements de résidence ont conduit à une restructuration de l'espace urbain et périurbain. Le développement de la périurbanisation dans le haut du secteur Grésivaudan trouve sans doute ses origines à la toute proximité de Chambéry et de la Savoie.

Le cas grenoblois n'échappe pas à la croissance urbaine marquée par un éloignement croissant des localisations (habitats et activités).

3.4. Représentation Cartographique de la périurbanisation

Comme nous venons de le voir, l'analyse en composantes principales a mis en évidence les grandes formes d'organisation de périurbanisation des communes en structurant les variables de départ. Cependant, cette méthode reste très imprécise pour déterminer des profils de communes et pour connaître l'appartenance d'un individu statistique à tel ou tel profil. Les classifications sont plus adaptées pour répondre à ces questionnements. Nous avons donc établi sur le sous espace défini par les quatre premiers axes factoriels une classification à partir de la méthode des nuées dynamiques. Nous avons retenu cinq classes représentées sur la Figure 1-11.

LA CLASSE « URBANISATION »

Elle comprend huit communes (en vert foncé sur la Figure 1-11) caractérisées par une forte urbanisation dans les années de l'après-guerre entre 1949 et 1968. Cette urbanisation a concerné en premier lieu Grenoble et ses plus proches communes périphériques en suivant un schéma auréolaire. Rappelons brièvement que ces communes concentrent un important parc de logements locatifs et que la proportion de maisons individuelles est faible, de l'ordre de 18 % du bâti. Situées à proximité des plus anciennes zones industrielles, elles comptent une forte population d'ouvriers et d'employés. Il convient de noter que cet ensemble de communes a connu entre 1982 et 1999 des soldes migratoires négatifs.

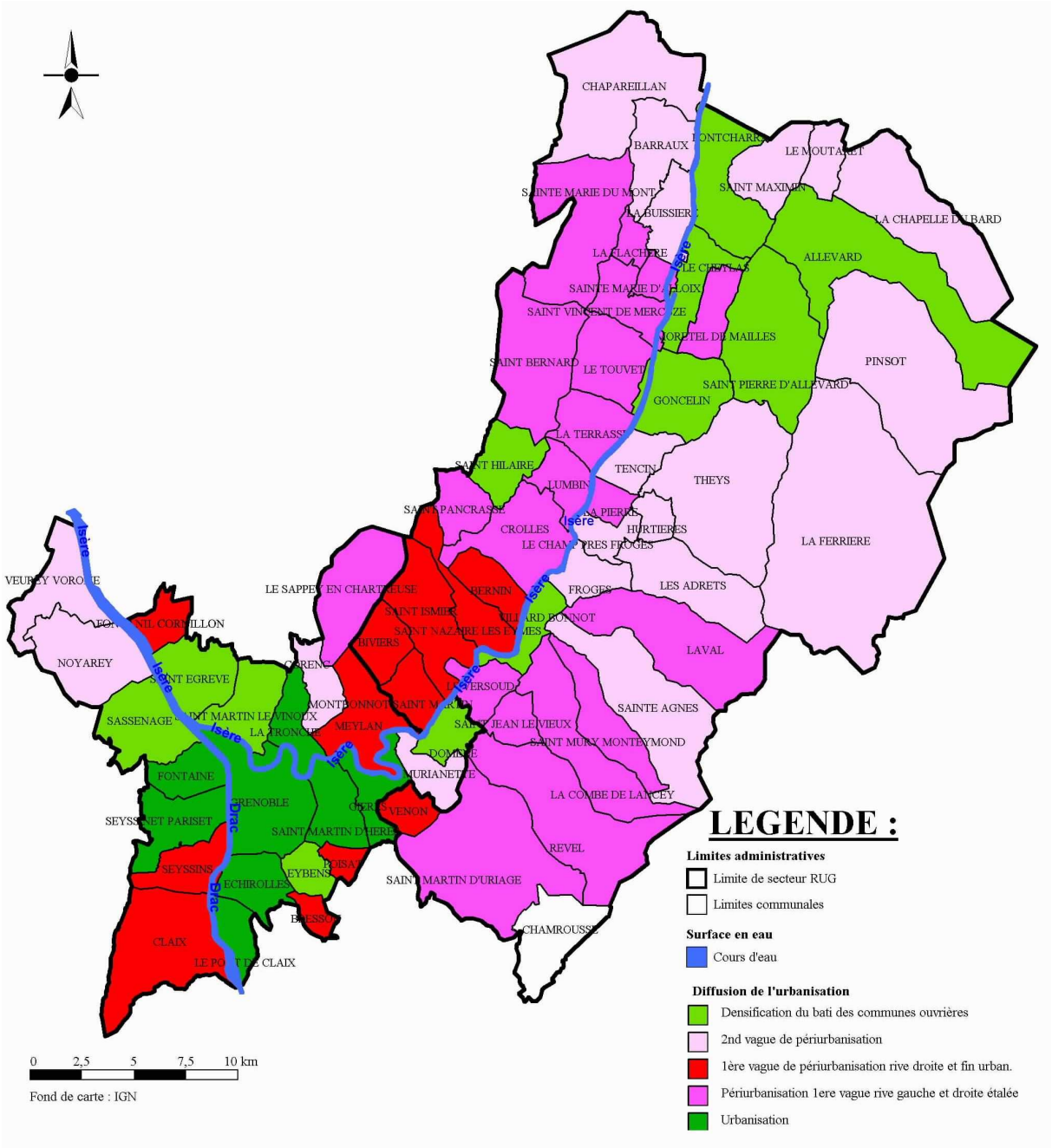


Figure 1-11. Diffusion de l'urbanisation dans les secteurs Agglomération et Grésivaudan

LA CLASSE « DENSIFICATION DU BATI DES COMMUNES OUVRIERES »

Cette classe est composée de 13 communes (en vert clair sur la Figure 1-11) qui n'ont pas connu de soldes migratoires excessifs sur la période 1962-1968 (alors que certaines d'entres elles sont limitrophes de Grenoble), ils sont même négatifs pour les communes du secteur Grésivaudan.

Allevard, Domène, Goncelin, Le Cheylas, Pontcharra, Saint Hilaire, Saint Pierre d'Allevard et Villard Bonnot, représentent les communes industrielles anciennes de la rive gauche, où se côtoient au XIXème siècle habitations et industries. Après les communes appartenant à la

classe « urbanisation » (en vert sur la Figure 1-11) c'est le second groupement de communes en termes de population étrangère.

Bien que ces communes connaissent des phases de construction de logements sur les périodes 1968-1975 elles sont surtout marquées par des soldes migratoires négatifs entre 1968 et 1982, les habitants quittent ces communes… peut-être pour celles de la rive opposée. Aujourd'hui elles sont habitées, pour une grande part, par une population active ouvrière.

Saint Hilaire est un cas particulier : elle abrite depuis sa création dans les années 1930 le centre médical de Rocheplane. Offrant un superbe panorama sur la Chaîne de Belledonne elle reste néanmoins difficile d'accès l'hiver. On dénombre parmi les actifs, un quart de pendulaires, ceci laisse supposer que le personnel hospitalier s'est installé au plus près, c'est-à-dire sur la commune même de Saint Hilaire.

Enfin, les communes de Eybens, Sassenage, Saint-Egrève et Saint Martin le Vinoux qui constituent aussi d'anciens sites industriels hérités du XIXème siècle, connaissent une évolution faible en terme de construction de logements (par rapport aux communes voisines) sur la période 1949-1968 mais plus marquée sur la période 1968-1975.

L'urbanisation sur ces communes se déroule en même temps que la première vague de périurbanisation de la rive droite. On assiste donc à un double mouvement, les communes du centre de l'agglomération continuent de s'urbaniser ainsi que les anciennes communes industrielles de la rive gauche du Grésivaudan. En moyenne le bâti est réparti équitablement entre maisons individuelles et habitat collectif.

LA CLASSE « PREMIERE VAGUE DE PERIURBANISATION ET FIN DE L'URBANISTION »

Cette classe est constituée de 12 communes. Le phénomène de périurbanisation dans la vallée du Grésivaudan a concerné, dans les années 1960, un ensemble continu de communes de la rive droite Biviers, Montbonnot Saint Martin, Meylan, Saint Ismier, Saint Nazaire les Eymes, Bernin et Venon (en rouge sur la Figure 1-11) sur la rive gauche. Cette première vague de périurbanisation coïncide également avec l'urbanisation des communes extérieures du secteur Agglomération comme Poisat, Bresson, Claix, Fontanil Cornillon et Seyssins. Elles effectuent leur rattrapage en termes de construction.

Les espaces agricoles disparaissent au profit de logements. Les constructions concernent souvent des maisons individuelles, les rythmes d'édification sont frénétiques, intenses et de courte durée. Ces communes sont aujourd'hui sur représentées en ménages dont la personne de référence exerce une activité de cadre. Les actifs sont des pendulaires à 75 %.

On n'observe pas à cette époque le même phénomène sur la rive gauche.

Ainsi l'Isère, en plus de séparer les territoires des deux rives, a également tenu le rôle d'une frontière sociologique dans l'implantation des ménages selon leur appartenance à une CSP.
Les cadres se sont installés sur la rive droite et la rive gauche est restée ouvrière sans attirer massivement de population. Actuellement, les communes de la rive droite comptent une population plus âgée que les communes de la rive opposée et ne bénéficient pas aujourd'hui d'un rééquilibrage spatial et démographique.
On peut l'expliquer par le coût élevé des loyers, l'augmentation du prix du m²… des facteurs qui expliquent également la fuite de ces espaces. Par contre les communes de la rive gauche ont vu l'implantation de ménages plus modestes ces dernières années et connaissent actuellement un sursaut de dynamisme démographique.
La diffusion spatiale de la périurbanisation progresse sur la période 1975-1999, les communes les plus éloignées de Grenoble sont touchées, c'est la seconde vague de périurbanisation. Bien que situées à plusieurs km de Grenoble ces communes disposent d'un réseau routier bien maillé. Les routes départementales desservant les versants alimentent également les principaux axes radiaux : la RN90 et l'A41 sur la rive droite et la RD523 sur la rive gauche. Les axes de circulation suivent des lignes radiales le long de l'Isère en fond de vallée.
Ces infrastructures routières ont contribué à perpétuer le mouvement de périurbanisation mais la proximité de Chambéry n'est peut-être pas sans rapport avec le développement récent de ces communes.
Toutes les communes sont dès lors concernées mais avec une intensité moindre que celles de la première vague de la période 1962-1975.
Globalement la distinction entre les communes selon l'appartenance des habitants aux CSP cadres, professions intermédiaires / ouvriers employés est présente. Cette distinction est liée à la localisation sur la rive droite ou gauche de la vallée.
En moyenne les actifs travaillent en dehors de leur commune de résidence dans trois cas sur quatre, il s'agit de communes de résidence.

LA CLASSE « PERIURBANISATION PREMIERE VAGUE RIVE GAUCHE/RIVE DROITE »

Cette classe est structurée autour de onze communes de la rive droite et de neuf communes de la rive gauche qui accueillent aujourd'hui des cadres et professions intermédiaires (en violet sur la Figure 1-11). Le processus de périurbanisation est effectif de 1975 à nos jours. L'intensité du phénomène décroît à partir de 1982.

LA CLASSE « SECONDE VAGUE DE PERIURBANISATION »

Cette classe est constituée de trois communes de la rive droite, de onze communes de la rive gauche et de quatre communes du secteur Agglomération (en rose sur la Figure 1-11) qui se développent à partir de 1975, mais de façon moins intense que les communes des rives droites et gauches plus proches de Grenoble (en violet sur la Figure 1-11). Les résidents appartiennent aujourd'hui aux CSP ouvriers et employés. L'ampleur du phénomène décroît à partir de 1990. Les communes de Corenc, Murianette, Noyarey et Veurey Voroize apparaissent de manière singulière dans cette classe. Elles constituent le dernier groupe de communes du secteur Agglomération. Elles portent les mêmes caractéristiques en termes de volume de solde migratoire et de construction de logements que les autres communes du même groupe, c'est-à-dire un volume faible. Les structures sociales sont similaires hormis Corenc qui est une commune ou résident essentiellement des cadres (30 % de cadres) et très peu d'ouvriers (2,5 % des ménages).

En conclusion, la périurbanisation couvre un large espace dans la région grenobloise, elle s'est diluée à plus de 35 km de la capitale dauphinoise. Concentrique pour la diffusion et l'étalement de l'habitat, elle s'est révélé être un facteur de ségrégation sociale influencé très largement par la topographie. Cette ségrégation sociale est asymétrique selon l'axe défini par le passage de l'Isère.

Les communes de la rive droite, qui bénéficient de l'ensoleillement (en site d'adret), sont de fait plus accueillantes mais leurs terrains constructibles, sont également plus chers à l'achat. La proportion de ménages dont la personne de référence exerce un emploi de cadre est importante. A l'inverse, celles localisées sur la rive gauche et le plus souvent sur les versants bien plus ombragés (ubac) offrent également des terrains disponibles mais d'un prix très inférieur a celui proposé sur la rive opposée pour une même surface. En conséquence les ménages plus modestes y sont plus fréquents.

Socialement, la diffusion de la périurbanisation s'est traduite par une « ségrégation » rive droite rive gauche identifiée par des groupements de communes sous forme de « clubs », les communes riches et les pauvres. Spatialement, la diffusion dans l'espace de l'habitat est auréolaire, elle remonte la vallée progressivement.

Le réseau de transport a joué un rôle dans la diffusion de la périurbanisation. Les communes ayant connu la périurbanisation la plus intense sont celles situées sur la rive droite, rive qui regroupe à la fois l'autoroute reliant Grenoble à Chambéry (A41), une route nationale

(RN90) et un réseau dense de routes départementales qui favorisent les communications avec l'agglomération grenobloise. La présence d'un seul axe majeur (la route départementale 523) sur la rive gauche comme axe de circulation longitudinal n'est pas non plus étranger au développement urbain différent entre les deux rives.

Avec la périurbanisation nous sommes passés du temps où « c'est la vitesse de l'homme allant à pied qui détermine les dimensions géographiques de la ville » (BEAUCIRE, 2000, p. 5) à celui où les moyens de transports modernes rendent flous les contours de cette dernière.

Enfin, la rive droite a vu sa population augmenter davantage entre 1962 et 1999 (+ 3,2 % de croissance annuelle moyenne) que la rive gauche (+1,3 %). L'étroitesse de la vallée sur la rive gauche n'est pas sans conséquences sur son peuplement.

La représentation cartographique de la Classification par nuées dynamiques permet donc de mieux visualiser les résultats mais également d'introduire de nouveaux facteurs d'explication dans le processus de périurbanisation comme le rôle du relief ou l'hydrographie.

Quelles sont les perspectives d'avenir sur le développement de la périurbanisation ?

On peut observer plusieurs tendances sur la dernière décennie nous permettant de supposer une continuation du phénomène :

- Les communes les plus anciennes perdent des habitants au profit des communes périurbaines.
- La part des communes périurbaines continue de progresser, mais modérément.
- Le coût élevé du foncier à proximité de Grenoble laisse présumer la progression de la périurbanisation vers des communes au foncier moins onéreux (par exemple Allevard connaît depuis 1999 une croissance de sa population et de la construction de maisons individuelles). Le prix du terrain apparaît comme un facteur d'éloignement puisque les ménages résident de plus en plus loin, y compris dans les communes les moins accessibles.
- L'implantation des ménages selon leur CSP est fonction des contraintes naturelles et des avantages inhérents au site.
- Enfin la structure spatiale du bâti permet de lire la diffusion de la périurbanisation. Les logements de type maisons individuelles sont prépondérants en périphérie alors que dans le centre de l'agglomération on trouve surtout des logements de type immeubles collectifs. La densité et l'ancienneté du bâti dans les communes centres empêchent toute nouvelle construction alors qu'en périphérie les marges de

construction de nouveaux logements sont bien plus importantes. La Figure 1-12 et la Figure 1-13 résument la progression spatiale de l'urbanisation dans les secteurs agglomération et Grésivaudan entre 1970 et 1995.

Figure 1-12. Urbanisation en 1970 (AURG)

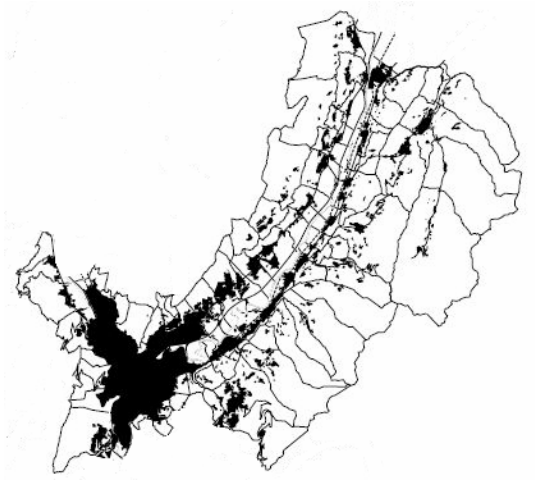


Figure 1-13. Urbanisation en 1995 (AURG)

CHAPITRE 2.
PERIURBANISATION ET EMPLOIS

Le phénomène de périurbanisation pose la question de la maîtrise du développement de l'espace. Si l'évolution démographique en est une composante, la recomposition du tissu productif en est une autre, toute aussi importante (LAINE, 2000). Malgré de profondes et rapides mutations des activités productrices des entreprises ces dernières décennies (crise du secteur secondaire, délocalisation et mondialisation des échanges), leur importance dans « *la structuration du territoire et son aménagement* » (VILMIN, 1999) reste toujours aussi fondamentale.

La « *qualité des territoires* » (ASCHER, 1993) d'un site s'avère décisive dans le choix d'implantation de certaines activités. On comprend que les communes songent à protéger leur espace car ses caractères physiques et son cadre naturel sont « *un facteur de compétitivité et d'efficacité des combinaisons productives* » (BENKO, 1991). « *La demande de localisation des firmes dans un milieu péri urbain* » (DUMONT, 1993, p. 77) est influencée par les aspirations des cadres et des techniciens, à salaires élevés, à vivre dans un lieu de résidence proche du lieu de travail et au contact de la nature. D'autres critères sont pris en compte, comme la proximité d'une ville universitaire et scientifique (main d'œuvre qualifiée sur place, synergies entre les universités, les centres de recherche et les entreprises) (BAILLY, 2001, pp. 36-37). Un accès facile aux voies de communications importantes, aux infrastructures de transports rapides et la proximité de transports fiables et rapides est primordial.

Les entreprises sont souvent attentives aux attentes de leur personnel, pour cela, il est essentiel que le cadre de vie soit synonyme de qualité (variété d'équipements culturels, sportifs, éducatifs, de loisirs). De même, la présence d'autres entreprises exerçant dans le même secteur leur permet de bénéficier d'économies externes nécessaires à leur propre développement (DUMONT, 1993, p. 83).

L'implantation de nouvelles entreprises et des pôles de recherche ces dernières années sur Grenoble et ses environs répond à cette logique.

1. LOCALISATION DES EMPLOIS SELON LES ACTIVITES

Grenoble constitue un pôle économique et un pôle de recherche national et international de premier ordre. Sa réussite actuelle est largement due aux innovations scientifiques et techniques du XIXème réalisées dans les communes proches.

Le modèle de développement économique suivi par la région grenobloise est atypique. La métallurgie conjuguée à l'électricité au XIXème puis l'électronique alliée à l'informatique et

aux télécommunications, ainsi que le développement de la physique nucléaire sont les ingrédients de la réussite économique de la région grenobloise[9].

Plusieurs dates marquent la transformation du paysage économique de la région grenobloise : l'arrivée du Centre d'Etude Nucléaire de Grenoble (CENG) en 1954 à Grenoble, l'implantation en 1972 de la ZIRST (Zone pour l'Innovation et les Réalisations Scientifiques et Techniques) de Meylan ou plus récemment la constitution du pôle Alliance (installation de ST Micro, Motorola et Philips) à Crolles.

Ces mutations dans le paysage économique de l'agglomération et la diffusion de la périurbanisation ont engendré de nouveaux rapports entre les territoires (ASCHER, 1998). Les zones d'habitat se sont étendues dans l'espace mais les emplois sont restés en majorité concentrés. Comme le montre la Figure 2-1 les emplois sont concentrés dans Grenoble et ses environs. Quelques pôles secondaires émergent dans la vallée du Grésivaudan dans les communes de Crolles, Villard-Bonnot et Pontcharra.

[9] Schéma directeur de la RUG, 2000

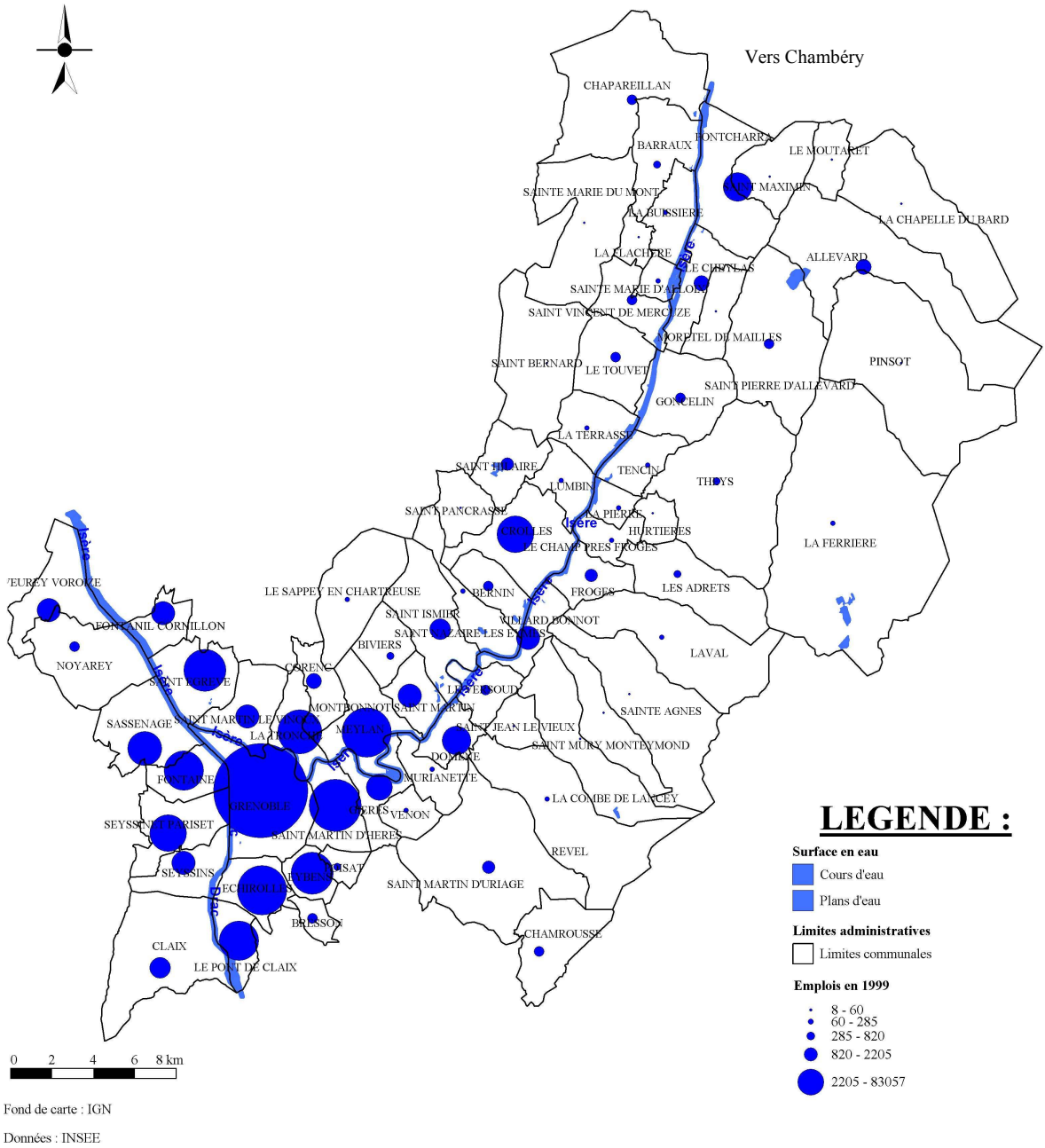


Figure 2-1. Emplois dans les communes des secteurs Agglomération et Grésivaudan

La croissance des emplois et de l'offre commerciale n'a pas atteint le même niveau que la croissance démographique dans les espaces périurbains.

1.1. Etude de la spatialisation des emplois

La répartition des emplois peut être étudiée en s'attachant aux actifs sur leur lieu d'emploi et aux entreprises présentes. En France, les différents recensements généraux de la population (RGP), permettent d'étudier la répartition des activités des entreprises au travers

de l'analyse des actifs employés. Les données du RGP de 1999 ont ainsi été utilisées pour cartographier la structure des activités économiques sur les 72 communes des secteurs Agglomération et Grésivaudan.

1.1.1. Variables utilisées

Afin de décrire la répartition des activités économiques sur la zone étudiée quatre variables quantitatives ont été utilisées. Nous avons retenu la répartition des emplois en 1999 selon leur appartenance aux activités agricoles, industrielles, de construction ou tertiaires (niveau 4 de la nomenclature d'activités française (NAF)).

- les emplois au lieu de travail dans l'agriculture regroupent les activités de l'agriculture, de la sylviculture et de la pêche,
- ceux de l'industrie regroupent les activités des industries agricoles et alimentaires, industries des biens de consommation, industrie automobile, industries des biens d'équipement, industries des biens intermédiaires et d'énergie,
- ceux dans le tertiaire regroupent les activités de commerce, transports, activités financières, activités immobilières, services aux entreprises, éducation, santé, action sociale et administration,
- ceux de la construction regroupent les activités de ce secteur

Analyser la structure de l'emploi selon le secteur d'activité dans les communes des secteurs Grésivaudan et Agglomération de la région urbaine grenobloise revient à étudier la liaison entre deux variables qualitatives (la localisation géographique et le secteur d'activité). La localisation géographique est décrite par 72 modalités (les communes) et la variable secteur d'activité par 4 modalités. Dans un pareil cas, il est possible d'utiliser l'analyse factorielle des correspondances (SANDERS, 1999, p. 84).

1.1.2. La méthode statistique employée

L'analyse de la périurbanisation par ses emplois, repose sur l'utilisation combinée de deux méthodes d'analyse exploratoire multidimensionnelle : l'analyse factorielle des correspondances et la classification en nuées dynamiques. L'analyse factorielle des correspondances repose sur les mêmes principes que l'analyse en composantes principales employée dans le Chapitre 1. Elle cherche à résumer l'information contenue dans un grand tableau de données. Cette méthode consiste à établir une typologie des profils lignes (ou pourcentages en ligne) et une typologie des profils colonnes (pourcentages en colonne), puis à les relier entre elles. Etablir une typologie des profils ligne ou des profils colonne revient à

voir quelles sont les lignes qui s'écartent fortement du profil moyen, celles qui se ressemblent entre elles et celles qui s'opposent. La classification en nuées dynamiques permet, quant à elle, de regrouper un ensemble d'individus en classes homogènes en fonction de critères ou de variables sélectionnés préalablement. Pour plus d'explications, nous laissons le lecteur se reporter aux Annexe 2 et Annexe 5.

1.2. La répartition des emplois

Les secteurs tertiaire et industriel concentrent la quasi totalité des emplois avec une très nette domination du secteur tertiaire. En effet, les trois quarts des actifs ayant un emploi y sont embauchés. Celui de l'industrie se place en seconde position en employant 20,6 % des actifs occupés. Vient ensuite dans une bien moindre mesure, le secteur du bâtiment qui ne concerne que 4,8 % des emplois. Moins de 1 % des emplois se répertorient dans les branches d'activité de l'agriculture.

Cette répartition des emplois par secteur d'activité n'est pas uniforme sur le territoire. En effet, certaines communes vont davantage structurer leurs emplois sur certains secteurs que sur d'autres et l'analyse factorielle des correspondances va permettre de mettre en évidence ces disparités.

Le premier axe factoriel explique, à lui seul, plus de la moitié de l'inertie du nuage de points (56 %). Il oppose des communes où les emplois dans le secteur industriel sont sur-représentés à des communes dont les emplois sont tournés exclusivement vers le secteur tertiaire.

Le second axe, résume quant à lui, le tiers de l'information non expliquée par le premier facteur. Il hiérarchise les communes en fonction de la part des emplois occupés dans le secteur de l'agriculture. D'un côté, on observe des communes où la branche d'activité est très largement sur-représentée à d'autres communes où elle est quasi inexistante.

Le dernier axe explique enfin les 11 % restant de l'inertie résiduelle. Il s'intéresse exclusivement au secteur de la construction. Il oppose des communes qui concentrent une part importante de leur emploi dans ce secteur à d'autres dans lesquelles ce dernier est sous-représenté.

La méthode d'analyse factorielle des correspondances a permis de structurer les données. Les plans factoriels (Figure 2-2 et Figure 2-3) permettent de visualiser les proximités entre les communes.

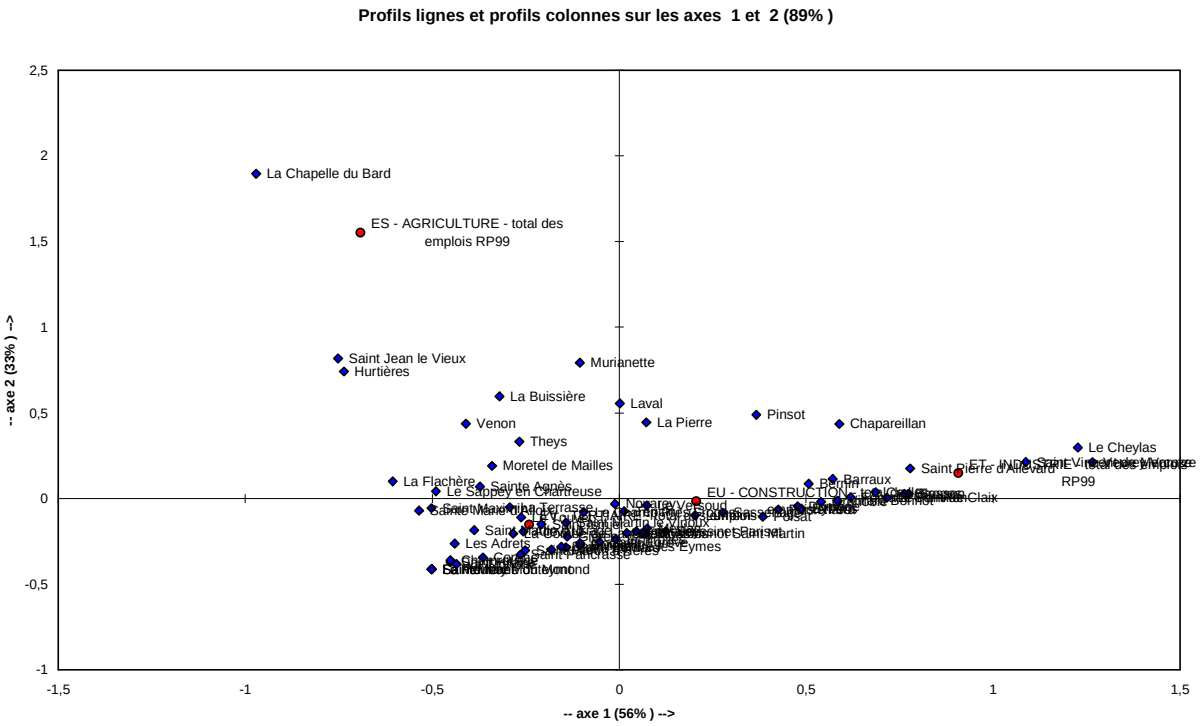


Figure 2-2. Représentation des deux premiers axes factoriels

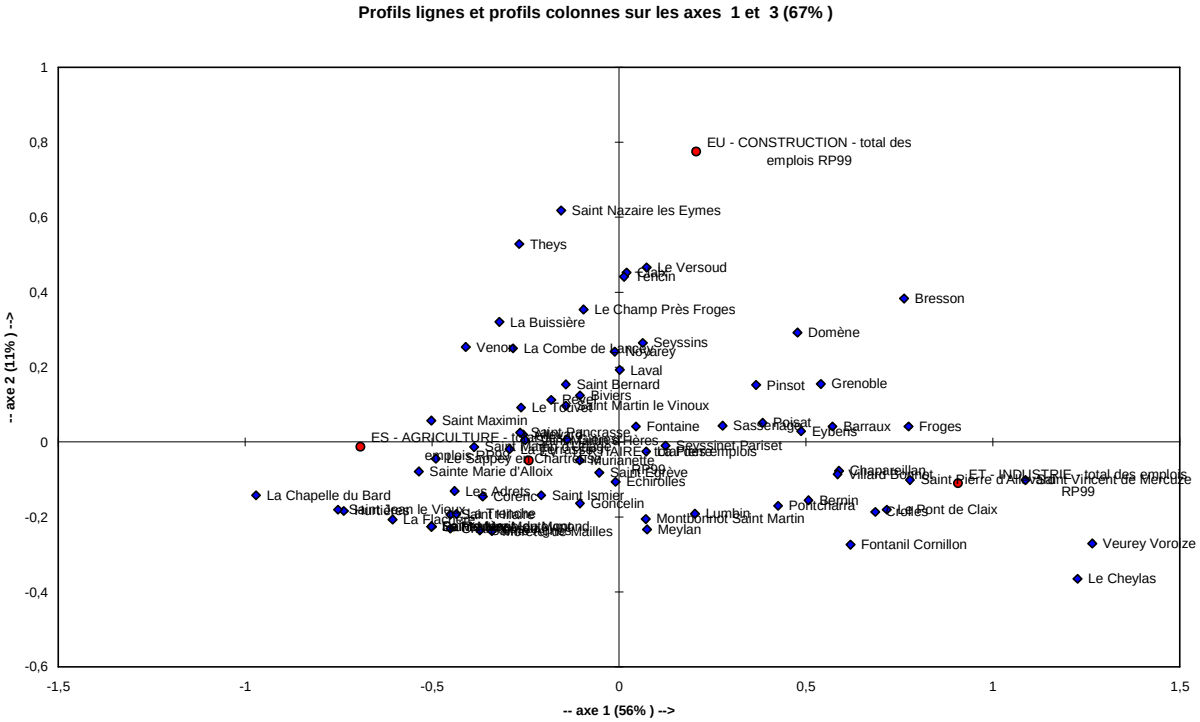


Figure 2-3. Représentation des axes factoriels 1 et 3

Cependant, cette méthode permet difficilement de déduire finement une typologie qui conduira à établir l'appartenance de tel individu statistique à telle classe. Nous allons donc affiner notre analyse en élaborant, sur les trois axes factoriels, une classification qui repose sur la méthode des nuées dynamiques. Trois classes ont été retenues et sont représentées sur la Figure 2-4.

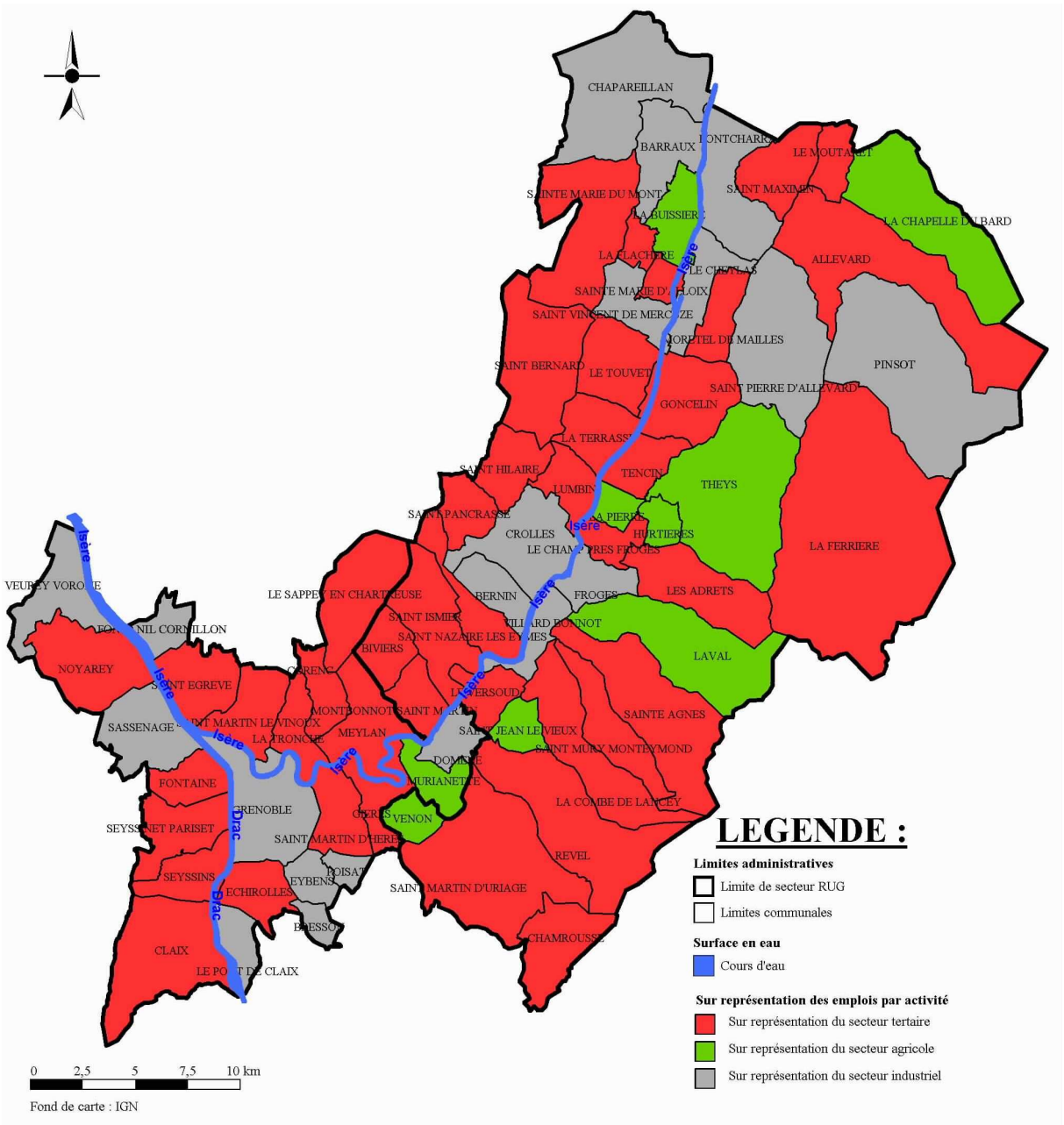


Figure 2-4. Sur représentation des secteurs d'activités par emploi

1.2.1. Les emplois industriels

De nombreuses communes (Figure 2-4) sont marquées par une sur-représentation des activités industrielles dans leur tissu économique et une sous-représentation des activités liées au tertiaire (Figure 2-5).

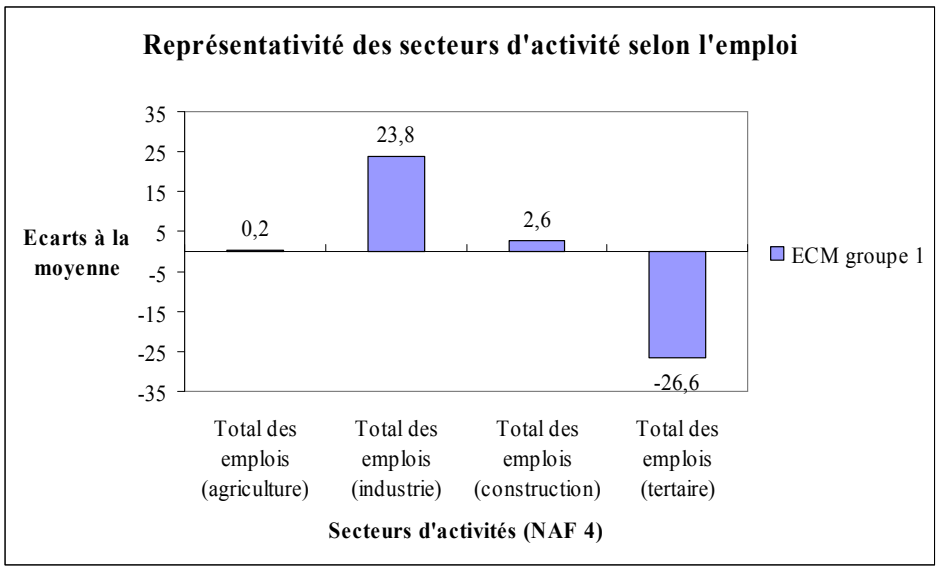


Figure 2-5. Sur-représentation des secteurs d'activité par emploi du premier groupe

La présence de zones industrielles et d'activités sur ces communes explique cette sur-représentation des activités industrielles. A partir de l'arrivée du chemin de fer à Grenoble en 1858 et surtout du démarrage de l'hydro-mécanique à Lancey en 1869 et de la fabrication de l'aluminium à Froges en 1889, commence la période de l'industrie classique liée à l'électricité, celle de la métallurgie moderne, de la mécanique, de l'électrochimie, de l'électrométallurgie et de l'électrotechnique.

Les communes de la rive gauche ont conservé des activités industrielles. Ces communes représentent les centres industriels apparus au XIXème. C'est le cas à Domène et à Pont de Claix pour les papeteries, à Allevard pour les forges et la fonderie, à Froges pour la fabrication de l'aluminium. Ces activités ne sont pas toutes éteintes de nos jours, mais elles ont généré des industries plus sophistiquées et plus diversifiées qui s'y sont substitué et qui découlent directement du pôle de recherche grenoblois (PARENT, 1991).

Les zones industrielles actuelles témoignent du passé économique de ces communes. Aujourd'hui, les productions ont changé mais le secteur industriel est toujours important. La croissance économique urbaine provient des zones industrielles périphériques. Les industries sont largement implantées dans ces zones qui sont par ailleurs très bien desservies par les

échangeurs autoroutiers qui traversent l'Isère. L'importance de cette accessibilité a favorisé la concentration d'industries sur ces sites.

La théorie économique classique considère comme essentiel le rôle du transport dans le choix de localisation des entreprises. Le choix de l'implantation se porte à l'endroit qui minimise le coût total de transport pour l'entreprise (acheminement des intrants et expédition des produits) (QUINET, 1998, p. 43). La présence d'échangeurs à proximité des zones industrielles est déterminant, les exemples de Bernin / Crolles, Domène, Villard Bonnot, Le Pont de Claix et Saint Vincent de Mercuze le montre. La réduction des coûts de transports ne doit pas être sous-estimée dans le choix de l'implantation des industries.

Les activités de production se sont ainsi installées dans des zones d'activité périphériques bénéficiant d'espace et d'équipements spécifiques propres.

Pour Grenoble et les communes voisines, le paysage économique change au cours des années 1960. Les vieilles industries, localisées la plupart d'entre elles dans la commune-centre, ont fermé. La ganterie qui employa jusqu'à 15 000 salariés, la mégisserie, les industries métallurgiques et alimentaires ont pratiquement disparu. Nombreuses sont les friches industrielles dans Grenoble, notamment le long du Drac.

L'arrivée du CENG en 1956 dans la périphérie nord-ouest, au confluent du Drac et de l'Isère, est un des éléments de cette transformation poursuivi par l'implantation de grandes sociétés étrangères et locales dans les années 1970.

La plupart de ces activités ont pris place en périphérie de l'espace communal grenoblois (Caterpillar, Allibert, Schneider (anciennement Merlin-Gerin)) ou sur le territoire des communes voisines (Hewlett-Packard, Alsthom (ancien Neyrpic), Rossignol ou Pomagalski).

1.2.2. Les emplois agricoles

Quelques communes confinées sur les balcons de Belledonne ou le plateau des petites roches en Chartreuse (Figure 2-4) ont su conserver une activité agricole encore importante (Figure 2-6).

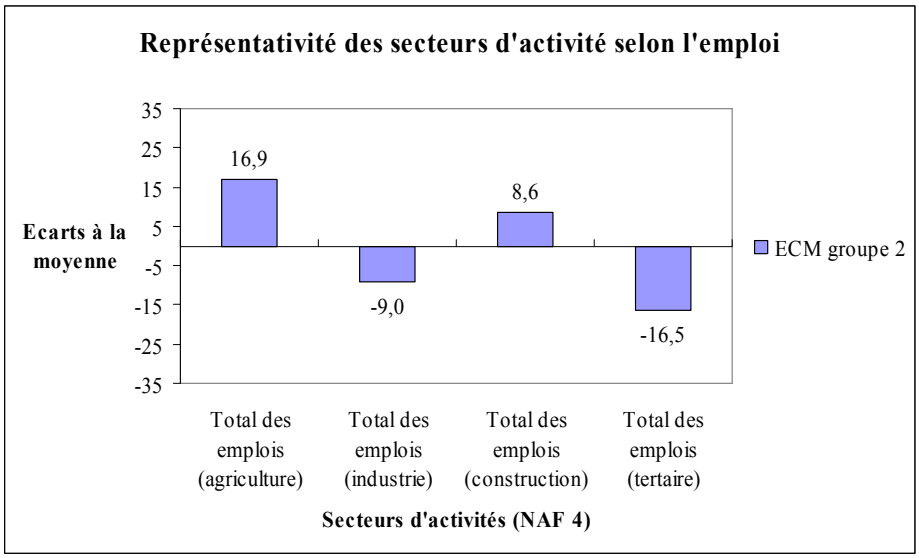


Figure 2-6. Sur-représentation des secteurs d'activité par emploi du second groupe

1.2.3. Les emplois tertiaires

Enfin, les autres communes sont marquées par une légère sur-représentation des activités tertiaires (Figure 2-4) et une sous-représentation des activités industrielles (Figure 2-7).

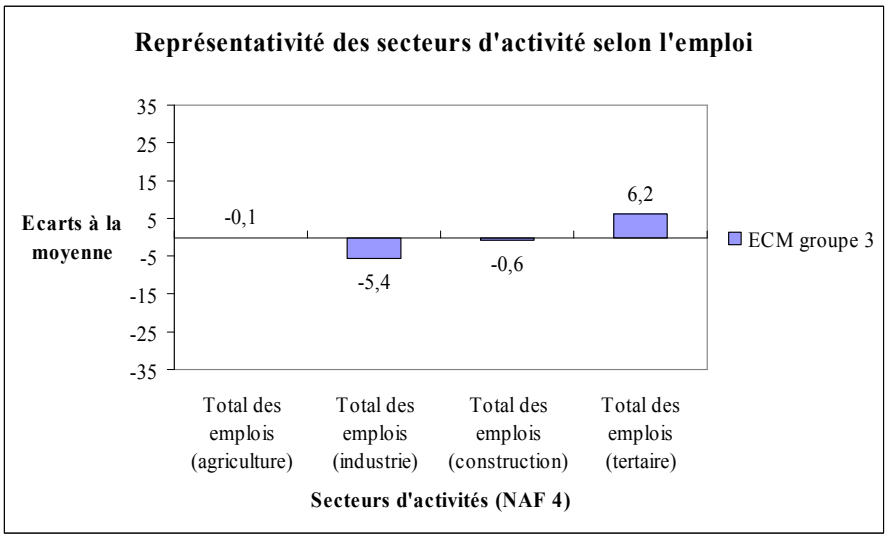


Figure 2-7. Sur-représentation des secteurs d'activité par emploi du troisième groupe

Les activités de service sont donc largement implantées dans la vallée du Grésivaudan qui profite d'un cadre magnifique.

Les activités du tertiaire couvrent un large panel de services traditionnels ou dédiés à l'informatique.

La ZAIRST (Zone d'Application de l'Innovation et de Recherche Scientifiques et Techniques) de Crolles rassemble les entreprises innovantes dans le domaine de l'électronique et de l'informatique.

Le technopôle Inovallée (ex ZIRST) abrite des activités orientées vers l'innovation et la haute technologie. Il compte 270 entreprises et regroupent quelque 8 300 emplois[10]. Il s'agit de l'un des premiers technopôles français[11], qui bénéficie :

- d'un cadre de vie de haute qualité et d'un paysage montagnard,
- d'une proximité avec le pôle urbain de Grenoble,
- d'une tradition industrielle entretenue par une véritable politique d'accueil des entreprises industrielles et commerciales,
- de la synergie entre les entreprises et le pôle de recherche grenoblois.

Son ambition est de favoriser le développement des technologies de pointe et de continuer à entretenir la passerelle entre recherche, universités et industrie (il y a environ cent ans s'implantait à Grenoble un laboratoire d'électricité industrielle à la faculté des sciences !).

Les entreprises de la ZIRST (majoritairement petites et moyennes) sont très bien desservies et sont situées dans un environnement de qualité sur Meylan et Montbonnot Saint Martin. De grands groupes nationaux et internationaux spécialisés dans des secteurs technologiques, très souvent de pointe, s'y sont implantés.

La périurbanisation de l'habitat et des emplois a généré des flux migratoires importants. Pour l'heure, l'analyse des concentrations d'emplois sur les communes et des actifs au lieu de résidence indique si la commune est un pôle d'activité, une commune résidentielle, ou les deux.

2. POLES D'ACTIVITES ET COMMUNES D'HABITATION

Les données disponibles sur l'emploi dans les RGP ne nous permettaient pas de remonter au-delà de 1990. A partir des données « emplois » et « population active » du RGP 90 et 99 nous avons calculé pour chaque commune des secteurs Agglomération et Grésivaudan :

---

[10] www.innovallee.org

[11] Selon Benko un technopôle est « *une réalisation mise en œuvre par des villes dont les stratégies de développement économique s'appuient sur la valorisation de leur potentiel universitaire et de recherche, en espérant que celui-ci entraîne une industrialisation nouvelle à l'initiative d'entreprises de haute technologie, créées ou attirées sur place* ». BENKO G., Géographie des transports, Masson géographie, 1991. p11

- la part des pendulaires sortants de chaque commune sur l'ensemble des 72 communes en 1990 et 1999,
- la part des pendulaires entrants de chaque commune sur l'ensemble des 72 communes en 1990 et 1999.

Les communes comptant au moins 1 % de pendulaires entrants, sont des pôles d'activité et celles comptant au moins 1 % de pendulaires sortants, sont des communes d'habitation. Le Tableau 2-1 ne présente que les communes retenues. Dans chacune des catégories leur statut peut avoir évolué entre 1990 et 1999.

Pôles d'activités	Communes d'habitation
Crolles[12]	Claix
Domène	Crolles
Echirolles	Domène
Eybens	Echirolles
Fontaine	Eybens
Fontanil Cornillon	Fontaine
Gières	Gières
Grenoble	Grenoble,
Meylan	Meylan
Montbonnot Saint Martin	**Montbonnot Saint Martin**
Le Pont de Claix	Le Pont de Claix
Pontcharra	**Pontcharra**
Saint Egrève	Saint Egrève
Saint Martin d'Hères	Saint Ismier
Saint Martin le Vinoux	Saint Martin d'Hères
Sassenage	Saint Martin d'Uriage
Seyssinet Pariset	Saint Martin le Vinoux
Seyssins	Sassenage
La Tronche	Seyssinet Pariset
Veurey Voroize	Seyssins
	La Tronche
	Le Versoud
	Villard Bonnot

Tableau 2-1. Pôle d'activité et communes de résidence

L'analyse des concentrations de pendulaires entrants et sortants permet d'identifier les communes qui se sont constituées comme pôles d'activité ou celles dont la vocation est résidentielle.

[12] Les valeurs en gras indiquent un changement de statut entre 1990 et 1999.

2.1. Les pôles d'activités

2.1.1. Evolution 1990-1999

Entre 1990 et 1999 Crolles, Fontanil Cornillon, Montbonnot Saint Martin, Pontcharra et Seyssins sont devenues des communes pôles d'activités (Figure 2-8).

Quinze communes concentrent 89 % des pendulaires entrants en 90, elles sont vingt à concentrer 91 % des pendulaires entrants en 99.

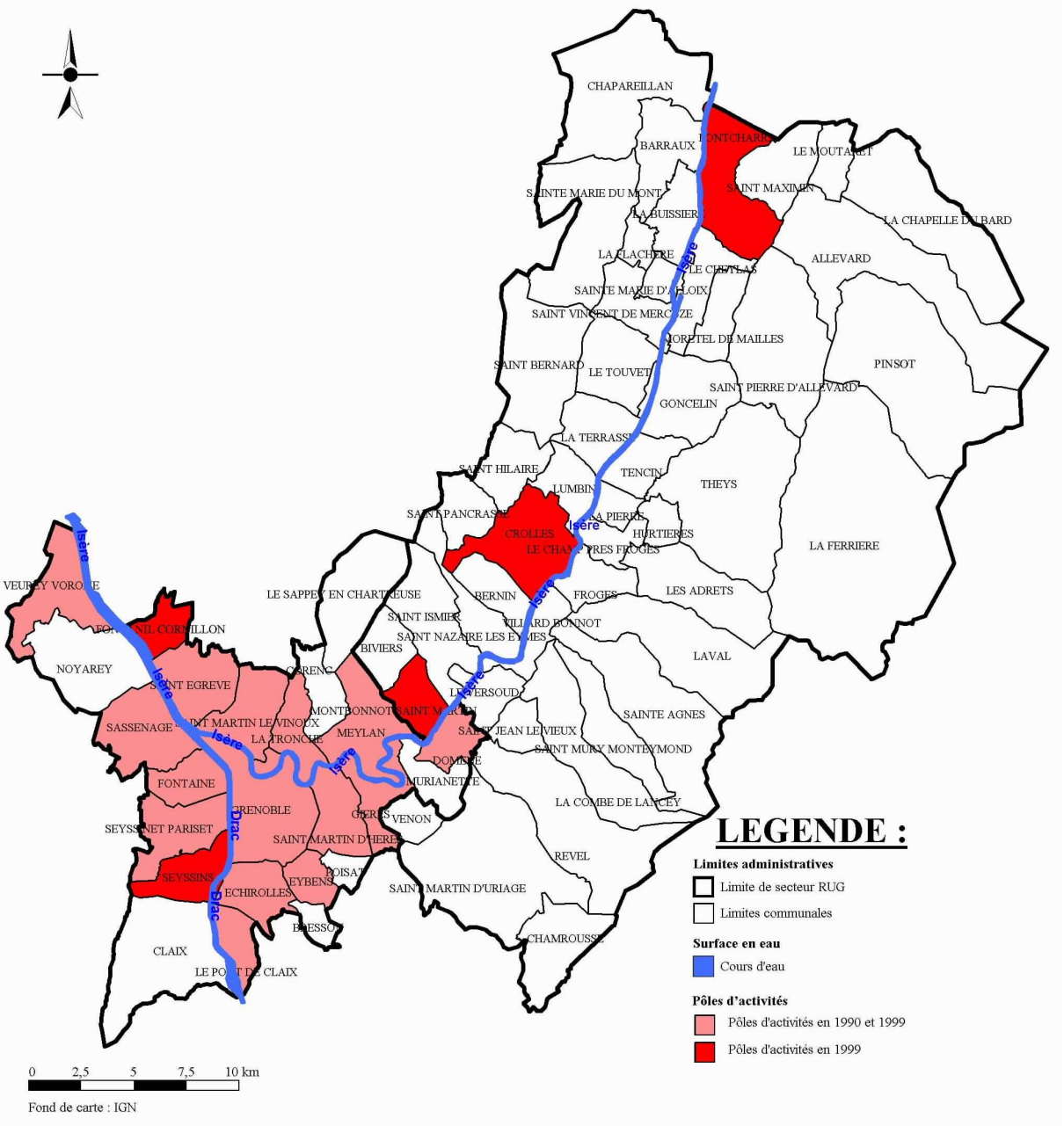


Figure 2-8. Pôles d'activités

La plus grande partie de ces communes pôles d'activité sont localisées dans le secteur Agglomération. Jusqu'en 1990 ce dernier a représenté un unique pôle majeur, mais depuis

1999 des communes périurbaines comme Crolles ou Montbonnot Saint Martin sont devenues également des pôles d'activité.

2.1.2. Quel avenir ?

Les emplois ont augmenté, tout comme la population résidente dans le secteur Grésivaudan et cette tendance ne devrait pas s'arrêter d'un coup. Les projets continuent de se développer et devraient voir le secteur Grésivaudan se renforcer sur le plan économique comme les événements récents nous le laissent penser. En effet, l'arrivée le 12 avril 2002 dans le nouveau Centre de R&D baptisé « Crolles2 » sur la zone industrielle commune de Crolles et Bernin des entreprises STMicroelectronics, Philips, Motorola (devenu Freescale Semiconducteurs) a renforcé la vocation de la vallée du Grésivaudan comme acteur incontournable dans le domaine des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Ce programme de développement d'une durée de cinq ans est commun à trois des leaders industriels mondiaux dans la recherche et le développement des technologies des semiconducteurs. Il doit permettre la mise au point des technologies de fabrication de puces de l'ordre du nanomètre avec pour objectif de devenir leader mondial de ce type de produits. La collaboration doit apporter des avantages déterminants aux partenaires en termes de coûts, de réduction du temps de cycle, d'homogénéisation des plates-formes. Par ailleurs, les investissements combinés des trois industriels sont à la hauteur de 3,4 milliards de dollars entre 2002-2007 dont 1,2 milliards pour les investissements en R&D. Les industriels se sont engagés à créer 1 200 emplois directs.

La création de la ZIRST de Meylan dans la vallée du Grésivaudan en 1972 a permis d'accompagner, mais aussi d'entretenir la périurbanisation grenobloise, rendant par la même occasion Grenoble et son agglomération plus attractive en terme d'emploi. Le projet Alliance entretient la dynamique impulsée par la ZIRST. La création de Minalogic (Micro Nanotechnologies et Logiciel Grenoble-Isère Compétitivité) le dernier-né des pôles de compétitivité isérois à vocation mondiale combine la recherche sur la microélectronique et la technologie logicielle. Il rassemble pas moins de 52 partenaires acteurs de l'industrie, de la recherche et de l'enseignement supérieur ainsi que des collectivités locales et régionales.

L'objectif est d'apporter aux industriels français et européens des composants miniaturisés, intelligents, leur permettant d'offrir des produits et des services à forte valeur ajoutée. Les domaines d'activité concernés sont multiples : gestion de l'énergie, biopuces, les

textiles, le papier…[13] Extrêmement dynamique sur le plan technologique et industriel, la région grenobloise a su tirer parti de son savoir-faire, les expériences de la ZIRST, d'Alliance et Minalogic le montrent assez explicitement.

2.2. Les communes d'habitation

Les communes d'habitation (Figure 2-9) sont concentrées dans le secteur Agglomération et dans les communes du secteur Grésivaudan de part et d'autre de l'Isère entre Meylan et Crolles.

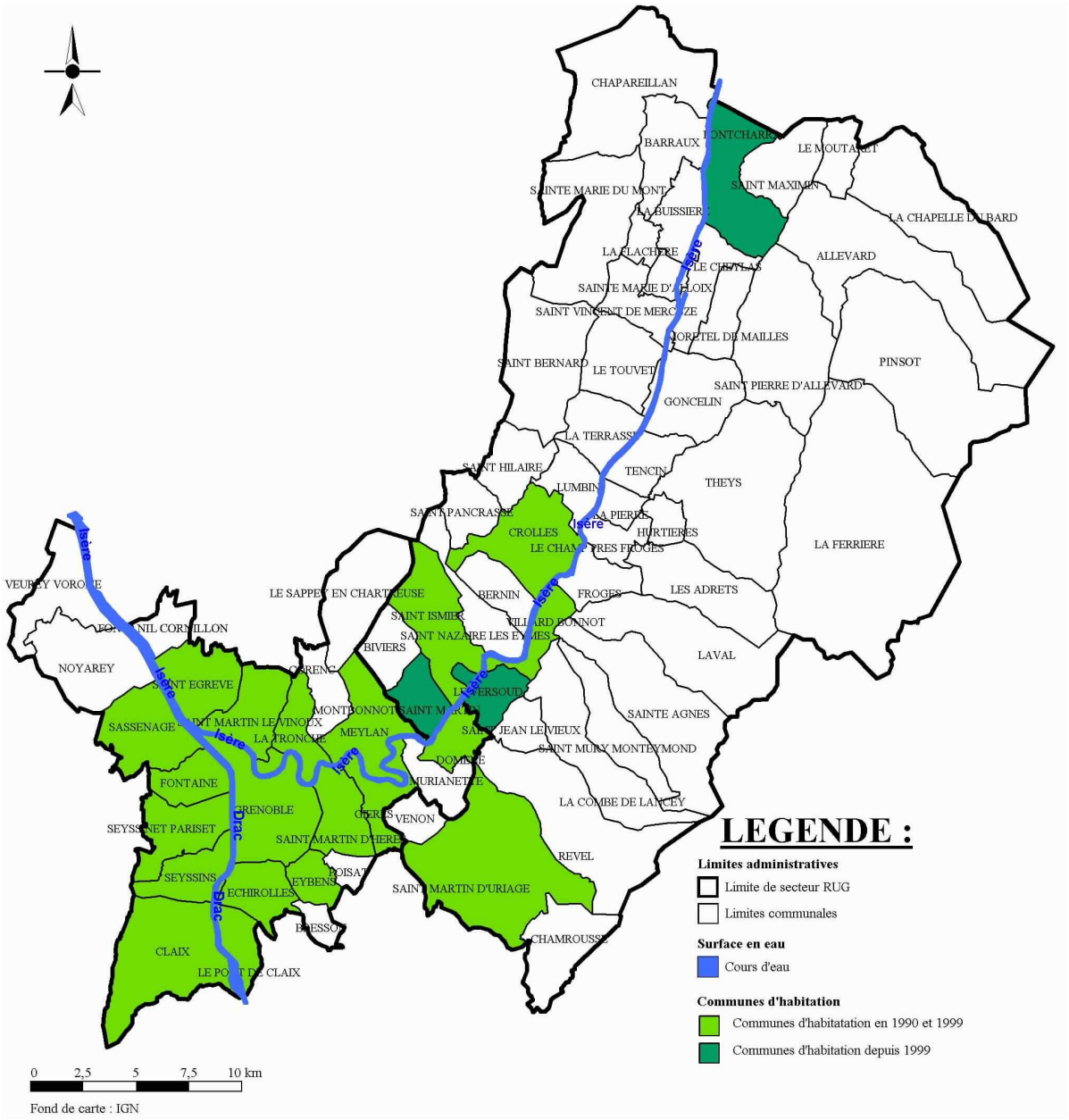


Figure 2-9. Communes d'habitation

[13] CHIROT, F., « Les pôles de compétitivité, vitrines de l'aménagement du territoire », Le monde, 08.02.05

La périurbanisation se développe toujours, trois nouvelles communes sont devenues communes d'habitation entre 1990 et 1999 : Montbonnot Saint Martin, Pontcharra et Le Versoud qui appartiennent à ce groupe en 1999 alors qu'elles en étaient exclues en 1990.

Vingt communes concentrent 83 % des pendulaires sortants en 1990, elles sont au nombre de vingt-trois en 1999 et concentrent 83 % des pendulaires sortants.

Les distances parcourues par les pendulaires engendrent des déplacements. Il est de plus en plus fréquent qu'un habitant effectue, souvent en voiture, plus rarement en bus ou en train, trente à quarante kilomètres pour rejoindre, chaque matin, son lieu de travail et autant le soir, en sens inverse, pour rejoindre son domicile. Nous assistons donc à un étalement de l'urbanisation et une concentration des activités dans l'espace.

Chaque jour, la région urbaine grenobloise est le lieu d'environ 1 300 000 déplacements quotidiens (tous modes confondus) [14]. Ils sont répertoriés en trois types de flux par le Syndicat Mixte des Transports en Commun (SMTC).

- Les déplacements internes représentent plus de 80 % des déplacements, ce trafic a progressé de 30 % entre 1982 et 1995(enquête ménages et déplacements de la région grenobloise).
- Le trafic de transit (origine et destination à l'extérieur de la Région Urbaine Grenobloise) représente 2 % (seulement) de l'ensemble des déplacements.
- Le trafic d'échanges (personnes vivant en dehors de l'Agglomération Grenobloise et venant y travailler) représente plus de 18 % de l'ensemble des déplacements.

Près de 90 % des déplacements effectués en transport en commun public sont captés par le seul réseau urbain de l'agglomération grenobloise. Ceci montre une insuffisance dans le développement des transports publics en direction des espaces périurbains.

2.3. Bilan

Au regard des Figure 2-9, Figure 2-8 et du Tableau 2-1 un constat s'impose : les communes d'habitation, d'où partent les pendulaires, sont plus étalées sur la zone d'étude que les communes pôles d'attractivité.

Seules trois d'entre elles appartiennent au secteur Grésivaudan et seulement depuis 1999. Cette modification renforce la mise en place de nouveaux pôles économiques importants dans la vallée du Grésivaudan, à même de capter d'importants flux de pendulaires.

[14] Schéma directeur 2000.

Les communes d'habitation se renforcent dans le secteur Grésivaudan, elles sont sept à être localisées dans le secteur Grésivaudan dont trois nouvelles en 1999. Au total, entre 1990 et 1999 le secteur Grésivaudan s'est renforcé. Il compte de plus en plus dans les pôles d'activités et les communes d'habitation.

La séparation des fonctions « emplois » et « habitation » dans le territoire a des conséquences sur les déplacements des pendulaires. Nous pouvons attester de l'existence d'une saturation, vécue au quotidien, des axes de circulation assurant la liaison entre le secteur Agglomération et le secteur Grésivaudan, et plus généralement entre Grenoble et les trois vallées.

L'offre trop réduite en matière de transport public ne permet pas d'assurer aux habitants des espaces périurbains un réel choix dans le mode de déplacement, alors que les communes de ces zones sont, de plus en plus, les points de départ et d'arrivée. Il devient urgent de les desservir correctement, les transports publics se doivent au minimum d'accompagner cette tendance.

La périurbanisation sur le secteur Grésivaudan s'est traduite par l'étalement du bâti dans la vallée mais également par l'implantation d'activités nouvelles et notamment la constitution de deux technopôles : la ZIRST et Crolles 2 qui se sont installés là où : « *les qualités des territoires apparaissent alors comme des facteurs singuliers de compétitivité et d'efficacité des combinaisons productives* » (ASCHER, 1993).

On notera l'importance des navettes domicile travail liées à un découplage des fonctions résidentielles et productives tertiaires localisées dans les centres urbains.

La constitution des « pôles d'équilibre » ne s'est pas accompagnée dans le même temps d'un développement suffisant des transports en commun en direction de la vallée du Grésivaudan permettant de faire face au flux de pendulaires.

La périurbanisation s'est traduite par la transformation totale de l'agglomération grenobloise, entraînant des difficultés de tous ordres. Si la périurbanisation compromet le développement du transport en commun, quand il est basé sur la seule densité de l'habitat, il est peut être temps de penser le problème de manière différente.

CHAPITRE 3.
STRUCTURER LES DEPLACEMENTS DANS LA PERIURBANISATION

...comment attraper le citadin moderne alors que ses motifs, ses horaires et ses origines destinations de déplacement varient toujours ?

A. Banos (2001)

La part des déplacements pendulaires dont l'origine ou la destination est une commune périurbaine ne cesse de croître depuis plusieurs décennies. Ceux-ci sont le plus souvent effectués en voiture et contribuent très largement à la saturation des axes de circulation. Les grands projets d'infrastructure visant au renforcement voire au doublement de ces axes n'ont pas contribué à régler le problème, bien au contraire.

L'espace affecté à la circulation s'est accru d'autant plus que l'offre de transport public dans les zones périurbaines n'a pas connu la même évolution. La transposition au périurbain du modèle de déplacement des transports en commun urbains, le désengagement politique en faveur des transports publics et la force des impératifs économiques pour les transporteurs expliquent assez largement cette situation où :

- les habitants des espaces périurbains n'ont pas, en réalité, le choix de leur mode de transport, en raison d'une offre trop faible ou inadaptée se traduisant même par une inattractivité des transports en commun,
- la faiblesse de la demande n'incite pas à la création ou à l'amélioration de l'offre de transports en commun dans les espaces périurbains, réduisant par là même leur utilisation aux captifs.

Ainsi, les déplacements se trouvent essentiellement effectués en voiture particulière dans les espaces périurbains. Si la voiture offre des qualités indéniables en matière de souplesse des déplacements, la massification de son usage génère pour la collectivité d'énormes coûts directs et indirects. Régler le problème ne saurait se résumer à interdire l'usage de la voiture, ou à élever des obstacles à la mobilité quotidienne des citadins ! Ce serait nier la réalité : la périurbanisation est largement fondée sur la mobilité et tout retour en arrière est illusoire. Seul l'usage de l'automobile constitue une variable susceptible d'être modifiée.

Pour de multiples raisons, en particulier de disponibilité de l'espace pour la voirie et de capacité de circulation sur celle-ci, l'utilisation de la voiture particulière pour tous les déplacements devient sous optimale. Il est devenu indispensable de disposer de moyens de se déplacer autrement sans pour autant porter atteinte à la mobilité individuelle et plus généralement à la vie économique.

Il devient urgent d'élargir l'offre de transport en commun en direction du périurbain, d'autant que, comme l'écrit MERLIN (1992), « l*es automobiles consomment plus d'espace pour leurs déplacements que les transports en commun, c'est une raison pour donner la priorité aux transports en commun, notamment là où l'espace est rare* ».

Nous aborderons d'abord les problèmes posés par la périurbanisation, en insistant sur ceux posés en termes de transports publics et de déplacements individuels. Nous évoquerons à cette occasion les moyens disponibles pour maîtriser la périurbanisation ou au moins la contenir.

1. LES CONSEQUENCES SOCIETALES D'UNE PERIURBANISATION INCONTROLEE

Elles sont nombreuses et concernent aussi bien le domaine de l'environnement que ceux du social, de l'économie, de l'urbanisme ou du politique.

1.1. Coûts sur l'environnement

L'absence de véritable réseau de transport collectif attractif en milieu périurbain condamne la voiture à demeurer le seul mode de transport adapté à ces espaces. L'absence de transports en commun favorise l'utilisation de la voiture et la multi motorisation des ménages. Reconnue tant pour sa souplesse d'utilisation que par la possibilité qu'elle offre de relier tous points desservis par les routes, elle est néanmoins source de pollutions. Si la plus évidente est atmosphérique, il ne faut pas négliger les autres inconvénients notamment le bruit généré par son usage intensif.

L'importance des émissions polluantes dégagées par la circulation automobile oblige à s'interroger sur la pertinence de l'usage de la voiture comme seul mode de transport. En réalité c'est son quasi monopole qui doit être remis en cause.

Il faut ajouter que la dilution de l'habitat dans les espaces périurbains a également eu un impact majeur sur l'imperméabilisation des sols et se trouve en partie responsable de la multiplication des inondations.

1.2. Coûts économiques et sociaux

Le mouvement de périurbanisation est dominé par la dynamique du marché de l'habitat, marqué lui-même par « *l'attrait de la maison individuelle* » et l'offre de terrains périurbains (WIEL, 2002). Le développement et l'ampleur du phénomène se sont traduit par un coût financier élevé pour la population. Celui-ci peut être illustré par l'accroissement des coûts d'acheminement des services sur des distances plus grandes (eau, gaz, électricité, téléphone,...) et par la multiplication des infrastructures rendues indispensables telles que les stations d'épuration ou de traitement des déchets, ce qui se traduit par de nouveaux problèmes de logistique.

En réalité, tout cela conduit à un mécanisme de ségrégation sociale résultant de la concentration de l'habitat collectif locatif au voisinage du centre, alors que la périphérie voit

se développer un habitat individuel. Ainsi, comme nous l'avons montré au chapitre précédent, on observe une tendance des ménages à forts revenus à aller rechercher des logements individuels en zone périurbaine, alors que les ménages à faibles revenus, qui n'en ont pas les moyens, se retrouvent en forte proportion dans certains quartiers du centre-ville, et surtout en banlieue ou dans les communes périurbaines moins attractives. Sans pouvoir parler de désaffection des centres-villes par les couches sociales aisées, on perçoit une relative paupérisation des quartiers centraux qui s'ajoute à celle des cités périphériques, renforçant ainsi les déséquilibres sociaux. En outre, les jeunes actifs sont attirés par la tranquillité des zones périurbaines entraînant ainsi un vieillissement de la population au centre de l'agglomération (WIEL 2002, p. 57).

La desserte des zones périurbaines par de nouvelles infrastructures routières n'est pas sans effets sur l'environnement économique et social des abords de ces nouvelles voies (QUINET, 2000, p. 69). Les échangeurs situés autour des centres commerciaux renforcent leur accessibilité mais entraînent le déclin des commerces traditionnels du centre. Ils doivent évoluer pour faire face à la menace périurbaine, ou disparaître. On observe des phénomènes similaires sur l'habitat proche de ces nouvelles voies routières (QUINET, 2000, p. 69). La dégradation de la qualité de vie le long de ces voiries nouvelles entraîne une tendance au départ des habitants et une baisse des prix fonciers. Constatant et éventuellement anticipant cette évolution, les promoteurs développent des programmes de logements de moindre qualité, et ceux qui s'en portent acquéreurs ou qui en sont locataires ont dans l'ensemble des revenus plus faibles. Une ségrégation par le revenu se met en place (QUINET, 1983, p. 69).

Les lieux de chalandise suivent leur propre développement selon qu'ils sont localisés dans le centre de l'agglomération ou en milieu périurbain. Les habitants vivant depuis longtemps dans une zone boudent les centres nouveaux qui sont davantage fréquentés par les nouveaux arrivants (QUINET, 2000, p. 69).

La création depuis une trentaine d'années de zones d'activité difficilement accessibles autrement qu'en voiture dans les espaces périphériques est également un facteur favorisant la ségrégation et la non intégration sociale. Comment accéder à ces espaces dès lors qu'ils sont peu et mal desservis par les transports en commun ? Cela conduit à ce que l'accessibilité en tant que facteur d'intégration soit remise en cause et contribue à générer une ségrégation sociale. Comme le souligne BEAUCHARD, « *que la mobilité cesse ou soit entravée, et l'éloignement se transforme en marginalité* » (BEAUCHARD, 1999, p. 72).

1.3. Modification de l'urbanisme

La dilution de l'habitat dans l'espace alors que les activités sont restées en majorité concentrées dans le centre des agglomérations a engendré un accroissement des trafics et un allongement des parcours. Notons que le volume des emplois en périphéries des grandes agglomérations prend une place de plus en plus importante. Ce faisant, les actifs pendulaires convergent vers ces zones d'emplois engendrant des trafics routiers importants. Au final, aux flux de circulation centre – périphéries (qui sont les plus nombreux) s'ajoutent des flux périphéries – périphéries (qui ne passent pas obligatoirement par le centre et nécessitent alors la construction de rocades de contournement). Le développement d'infrastructures nouvelles, pour faire face à ces mouvements migratoires, favorise l'étalement spatial de la périurbanisation. (DUPUY, 1995). La Figure 3-1 schématise le lien dynamique entre circulation automobile, étalement urbain et infrastructures routières.

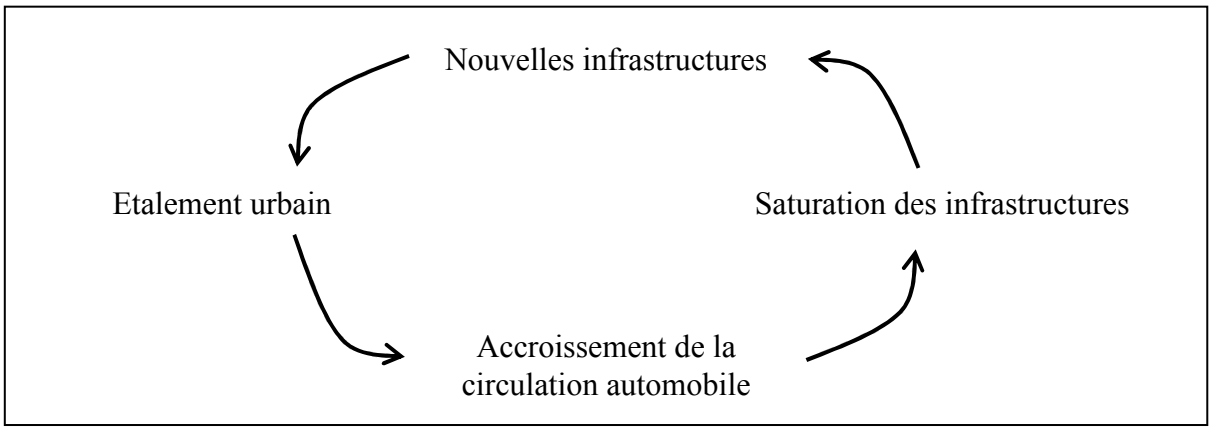


Figure 3-1. Etalement urbain, circulation automobile et infrastructures routières.

La réalisation de nouvelles infrastructures routières et l'amélioration des réseaux routiers destinés à accompagner la périurbanisation ont en réalité accéléré sa diffusion. La saturation progressive des axes, entraînant la réalisation d'infrastructures nouvelles, pousse au développement de la périurbanisation.

Le développement et l'aménagement des voies rapides pour faire face à l'afflux de pendulaires apportent un soulagement temporaire à la congestion de la circulation automobile, mais leurs effets modifient durablement la vie citadine (GUYON, 2000).

En améliorant l'accessibilité automobile, une dynamique s'enclenche progressivement, il y a un effet d'entraînement :

- dans un premier temps, de meilleures conditions de circulation incitent à un accroissement de l'usage de l'automobile ;

- dans un second temps, ces nouvelles difficultés de circulation ressenties autant sur les axes périphériques que sur les axes du centre-ville incitent les résidents de ces centres villes à rechercher un habitat en périphérie (qualité de vie, stationnement des véhicules…). Or, l'emploi restant principalement localisé au centre, on assiste à une augmentation des déplacements pendulaires et la pression de la circulation automobile croît à nouveau.

La satisfaction des besoins de la circulation automobile conduit à une évolution vers deux types d'urbanismes radicalement opposés :

- soit les fonctions d'habitat et d'emploi se séparent définitivement, le premier est alors reporté en périphérie et le second maintenu au centre ;
- soit l'intégration des fonctions d'habitat et d'emploi est à nouveau encouragée au centre, mais au prix de la remise en cause de la liberté de la circulation automobile et à condition d'investir significativement dans les transports collectifs (GUYON, 2000, p. 55).

1.4. Coûts sur les transports individuels

L'allongement des parcours moyens des déplacements se ressent au quotidien : les destinations évoluent, se complexifient, engendrant une transformation de la distribution des trafics sur les axes et de leur répartition dans le temps. Ce phénomène est lié à l'étalement des villes mais est aussi à l'augmentation des vitesses de déplacement.

On observe ainsi que le temps total moyen passé en transports pour des destinations de type domicile travail reste à peu près constant (loi de Zahavi). La séparation des fonctions d'habitat et d'emploi a des répercussions sur les déplacements.

On assiste quotidiennement aux déplacements des pendulaires (les flux des travailleurs entre le lieu d'emploi et l'habitat) sous forme de colonnes de voitures, ne comportant le plus souvent qu'un seul passager. Bien que libérée des contraintes d'horaires et d'itinéraires, la liberté de circulation en automobile se trouve ainsi largement illusoire.

L'accroissement des distances entre les lieux de travail et les lieux de résidence se traduit indubitablement par l'augmentation de la part du budget des ménages allouée aux transports. Le gain financier sur le prix du foncier lors d'un achat foncier en zone périurbaine est progressivement perdu en coût de transport. Or cette charge ne peut pas être assumée par l'ensemble des ménages, une dynamique d'exclusion liée aux distances à parcourir peut ainsi s'installer (BEAUCIRE, 2000). La dépendance à la voiture pour les habitants des espaces

périurbains où il n'existe pas de transports publics peut être également synonyme d'exclusion sociale. Lorsque les enfants des ménages périurbains arrivent à l'âge de l'adolescence, leur besoin d'autonomie pour leurs propres déplacements peut difficilement être comblé du fait de l'éloignement des transports publics. Leur dépendance augmente et ne peut se trouver compensée que par l'acquisition de véhicules supplémentaires, ce qui contribue à alimenter un cercle vicieux.

1.5. Coûts sur les transports collectifs

Le développement de la périurbanisation matérialisée par la construction des maisons individuelles et l'accès à la propriété défient les schémas d'organisation des déplacements des gestionnaires des transports en commun. En effet, « *les citadins vivent de plus en plus à l'échelle de vastes zones urbaines, traversant et fréquentant de multiples communes qui appartiennent parfois à des bassins d'habitat et d'emplois différents* » (MAY, 1998, p. 87).

Se développant « en tache d'huile » autour de bourgs anciens à proximité des villes, « en doigts de gant » le long des axes de pénétration automobile ou par « mitage » du tissu rural, ces zones périurbaines à très faible densité sont difficiles à desservir par les transports collectifs.

La desserte des espaces périurbains par les réseaux de transport collectif de surface, comme les bus, est déraisonnable à la fois économiquement et financièrement pour la collectivité (PUMAIN, 2000, p. 65). En effet, étendre les lignes existantes toujours plus loin coûte cher puisqu'il faut à la fois davantage de matériel et de personnel pour desservir des sections à faible trafic. La Figure 3-2 schématise les problèmes auxquels sont confrontés les exploitants.

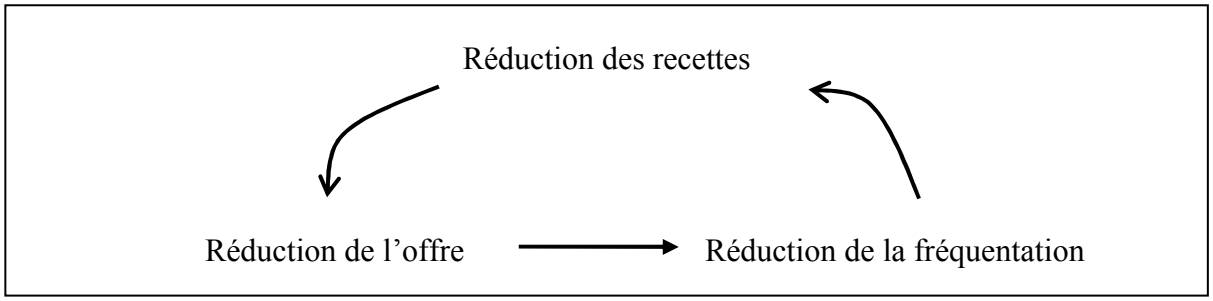


Figure 3-2. Etalement urbain, circulation automobile et infrastructures routières.

Cette solution n'est évidemment pas raisonnable puisqu'elle conduit à accroître les éléments structurels de déficits des transports publics (GUYON, 2000 p. 55). Pour d'évidentes raisons physiques, qui tiennent à l'emprise de la voirie existante et à sa capacité, tous les déplacements des pendulaires ne pourront pas être assurés par les voitures

particulières. « *Ne serait-ce que pour que celles-ci puissent circuler, il faudra bien qu'une part des déplacements soit assurée par un réseau de transports collectifs périurbains, ferroviaires ou routiers* » (GARGAILLO, 1994). Il s'agit de la seule alternative réaliste possible.

Pour conclure, la question des liaisons dans les déplacements entre les espaces urbains et périurbains comporte de nombreux enjeux. La voiture particulière assure la satisfaction de la demande de déplacements mais engendre en retour d'importants dysfonctionnements. Pour influer sur le comportement de déplacement dans les espaces périurbains, la mise en place de transports en commun est incontournable mais cette politique doit suivre une logique claire : répondre aux besoins de mobilité des individus, donc assurer des liaisons entre les espaces urbains et périurbains. Il s'agit d'offrir un choix dans le mode de déplacement des individus mais pour que cela fonctionne réellement, le réseau doit être attractif autant dans les espaces urbains que dans les espaces périurbains. L'organisation des arrêts des transports en commun, sous forme de pôles multimodaux et intermodaux associés à l'implantation d'activités à proximité, permettrait d'infléchir l'usage de l'automobile. Cette politique d'organisation du territoire permettrait de satisfaire les besoins économiques et de minorer les coûts de la congestion du trafic.

2. UNE OFFRE DE TRANSPORTS EN COMMUN PERIURBAIN ADAPTEE

La réussite d'un réseau de transport en milieu périurbain passe par le développement d'une offre capable de répondre à la demande de mobilité et le plus souvent par une réelle coordination, voire par le regroupement, de plusieurs Autorités Organisatrices (AO) de transports (MAY, 1998, p. 87).

2.1. Une définition de la mobilité

La mobilité se mesure en nombre de déplacements effectués par personne et par jour (on peut aussi la mesurer en nombre de kilomètres parcourus par personne par jour). L'unité « déplacement » est l'une des unités utilisées pour mesurer la mobilité des individus et elle peut être réalisée avec plusieurs modes de transport. Elle correspond au mouvement d'une personne qui va d'un lieu à un autre pour un motif déterminé, comme par exemple un déplacement domicile-travail (PUMAIN, 1998, p. 139).

La mobilité est le plus souvent étudiée au quotidien (on parle alors de mobilité quotidienne) pour analyser les mouvements de circulation liés aux activités de déplacements habituels des voyageurs. La mobilité peut être également étudiée pour des déplacements

supérieurs à 100 kilomètres, on parle alors de mobilité lointaine (PLASSARD, 2004). Cette dernière notion ne nous concerne pas ici.

La mobilité quotidienne couvre les motifs de déplacements répétitifs d'une journée à l'autre comme les déplacements obligatoires (travail, écoles) mais aussi d'autres types de déplacements moins réguliers ou facultatifs : loisirs, achats ou pour motifs personnels (PUMAIN, 1998, p. 144). Elle concerne donc l'ensemble des déplacements, quels que soient leur durée, leur destination, leur fréquence.

Elle dépend du type d'habitat (maisons individuelles, immeubles collectifs), qu'il soit urbain, rural ou périurbain, dense ou dispersé. Les services, les équipements, les commerces et les lieux de travail sont autant de destinations qui influent évidemment sur les besoins de mobilité. Enfin, l'intensité de la mobilité quotidienne est fonction des modes de transports utilisés pour se déplacer (modes mécanisés ou non, privés ou publics) mais aussi des critères de différenciation plus individuels (âge, sexe, CSP, niveau de revenu, composition du ménage…).

La mobilité est fonction du mode de vie, on peut dire qu'en cela, elle est apparentée à un bien de consommation de l'espace (GUYON, 2000).

2.2. Le développement de la mobilité

La périurbanisation a renforcé la demande en transports individuels. En effet, en ville une part de la demande de déplacements est captée par les transports en commun urbain. En revanche, l'absence d'une véritable offre de transports en commun périurbains ne permet pas de répondre à cette demande de déplacements et plus généralement de mobilité. En conséquence, pour satisfaire les besoins des individus, les déplacements sont effectués principalement en voiture ! (ASCHER, 1998).

2.2.1. La voiture comme vecteur de mobilité : un choix de société

La périurbanisation est le résultat du croisement des stratégies d'utilisation de l'espace urbain par les ménages et de l'offre proposée en services, en commerces, de plus en plus éclatée dans l'espace. La voiture particulière permet de répondre à ces besoins de déplacement très facilement (ORFEUIL, 2001, p. 5) par la réalisation de boucles de déplacements[15] et de pérégrination. La voiture permet *in fine* d'accroître la mobilité et demeure le seul outil capable de répondre aux exigences de déplacement des ménages

[15] On appelle boucle de déplacements un ensemble de déplacements réalisés entre le départ et le retour au même lieu (exemple domicile – travail – achats – domicile).

« modernes » comme l'atteste, par exemple, l'emploi du temps des parents qui travaillent : dépose des enfants, travail, reprise des enfants gardés, activités de loisirs des enfants, courses, retour au domicile. Cette pérégrination d'un jour de semaine soigneusement organisée et minutée représente autant d'arrêts possibles. La possession d'une voiture demeure l'unique façon de faire face à cette complexité de chaînage lorsque l'on vit en milieu périurbain (et même souvent en milieu urbain).

La pérégrination s'explique par une volonté de gain de temps, d'efficacité et d'optimisation d'un déplacement pour plusieurs motifs de toute façon nécessaires. C'est un élément d'ajustement au fur et à mesure que le nombre d'activités augmente. Cette façon d'ordonner et de combiner les déplacements selon les motifs (travail, accompagnement, achat) depuis le premier trajet[16] (quitter le domicile) jusqu'au trajet terminal de la journée (retour au domicile) renforce l'idée d'un sentiment de gain de temps (qui n'est pas nécessairement réel). La pérégrination permet la mise en relation des espaces fréquentés dans un intervalle de temps pouvant aller du matin jusqu'au soir, c'est un mode de fonctionnement à part entière réalisé essentiellement en voiture particulière.

On peut parler de « dépendance à l'automobile » d'autant plus qu'il n'existe pas actuellement de mode de transport en commun permettant de répondre à cette offre de pérégrination et de mobilité (PUMAIN, 2000, p. 70). Une mauvaise perception de l'offre en transports en commun (la qualité de leur image auprès des voyageurs potentiels, leur irrégularité, leur inconfort…) ne contribue pas à accroître leur usage (GUYON, 2000, p. 55).

La place de l'automobile pour la réalisation de nos déplacements est un choix de société et qui est facilité par la technique (GUYON, 2000). Elle représente une moindre contrainte pour se déplacer. Associée à l'idée de liberté, la voiture a pris une place extraordinairement importante dans la vie quotidienne de chaque famille. Elle est ainsi devenue un objet quotidien et individuel, personnel et personnalisable, enfin un service virtuellement et partiellement gratuit car le conducteur ne s'interroge que trop rarement sur le coût réel d'un trajet[17].

La voiture individuelle permet de réaliser toutes les boucles de déplacement. Celles-ci sont aussi possibles avec les transports en commun périurbains mais nécessitent pour cela une évolution des mentalités (et des transports en commun performants et attractifs), qui peut être forcée et accélérée par l'accroissement du prix des énergies fossiles et par la prise en compte

---

[16] Un trajet est une partie d'un déplacement réalisé à l'aide d'un seul mode de transport, un déplacement peut ainsi être composé de plusieurs trajets.

[17] Vous pouvez à ce sujet calculer le coût réel d'un déplacement effectué en automobile sur le site de l'ADEME à l'adresse suivante : http://www.ademe.fr/auto-iag/transports/atema/Autodiagnostic/parametres/parametreq5.asp

des contraintes environnementales plus pesantes et même très inquiétantes à moyen et long terme.

2.2.2. Satisfaire la mobilité avec les transports en commun

L'étalement urbain, l'implantation d'entreprises, de grandes surfaces, de commerces et d'espaces de loisirs dans les espaces périurbains ont permis la constitution de nouvelles destinations engendrant de nouveaux déplacements (professionnels et non professionnels) entre les centres et les périphéries. Si ces déplacements sont le domaine privilégié des choix entre les modes de transport individuels et collectifs, « *ils peuvent aussi devenir celui de leur complémentarité* » (ASCHER, 1993).

Cette alternative est possible à condition que l'utilisation accrue des transports collectifs s'avère crédible. Dans cette voie, la desserte du périurbain par les transports en commun s'inscrit dans une logique de modification de ses objectifs, de ses missions et de ses moyens.

Le remplacement pur et simple du « tout voiture » par un « tout transport en commun » n'est pas une solution techniquement et financièrement possible pour répondre aux besoins de mobilité. La logique des transports en commun en milieu urbain, qui repose sur une utilisation massive de trajets réguliers et répétitifs, ne peut pas être transposée aux transports en commun dans le périurbain où les choix des destinations, au-delà des tronçons principaux de circulation, sont bien trop diversifiés. Les usagers ne se déplacent pas tous en même temps, de la même façon, sur les même parcours et aux mêmes heures (ASCHER, 1993).

Ainsi, l'évaluation quantitative de la pertinence des transports en commun en milieu urbain par l'indicateur de densité d'activité humaine (DAH) n'est pas adaptée à la question du transport en commun en milieu périurbain. Cet indicateur ne permet de mesurer qu'en partie la densité d'usage d'un espace ; elle prend en compte le nombre potentiel de personnes fréquentant le site. Ce ratio caractérise les effets de centralité et permet de comparer des tissus urbains différents. Il se définit comme la somme, sur une surface donnée, de la population et des emplois qu'elle héberge, et divisée par ladite surface. Cette densité varie par exemple de 1 200 dans les zones les plus denses de Paris, à 20 pour des banlieues pavillonnaires à tissu lâche. Au-dessus d'une densité de 300, le métro ou le RER s'imposent. Entre 300 et 120, le tramway et le métro léger sont de bonnes solutions, mais en dessous de 120 on entre dans le domaine du bus ou même du minibus. En milieu périurbain où il est généralement inférieur à 50, cet outil de mesure ne peut pas être utilisé pour déterminer l'impact de l'implantation de nouveaux équipements d'infrastructures. Par ailleurs, cet outil d'estimation quantitatif ne peut

pas être le seul facteur déterminant la validation d'un projet même en milieu urbain. Le passage d'une ligne dans une zone dense ne fait pas tout, la politique tarifaire, les destinations…. sont des éléments aussi importants au regard des attentes des usagers habituels ou potentiels.

En milieu périurbain, le trafic prévisible, qui doit s'examiner en termes réalistes, se situe dans une fourchette de l'ordre de 2 000 à 30 000 voyageurs/jour.

La fréquentation en zone périurbaine ne pouvant atteindre les niveaux de la fréquentation urbaine, l'effort en matière d'offre de transports en commun doit porter sur une capacité adaptée aux besoins et une organisation attractive des services.

La mise en place d'un tel réseau doit s'organiser en favorisant la complémentarité des modes de transports privés et publics, individuels et collectifs afin de répondre à une demande de déplacement de plus en plus diversifiée (ASCHER, 1998). A ce titre, les enquêtes qui concernent le nombre de déplacements par jour, les modes utilisés… peuvent apporter des réponses sur la mobilité des individus et permettre d'envisager les moyens nécessaires à la satisfaire au mieux.

Cette politique en faveur de l'organisation de la complémentarité des modes apparaît comme la seule solution pour satisfaire une partie de la mobilité par les transports en commun. Comme le souligne ASCHER (1998, p. 98) « *Les transports collectifs, en dehors des hypercentres des villes et de quelques grands axes urbains, perdent du terrain et ont besoin qu'on leur accorde de plus en plus d'avantages et de moyens* ». Il s'agirait au final de mettre en place une politique de transport multimodale et intermodale.

Développer un réseau de transports fondé sur la multimodalité et l'intermodalité des modes de transports, privés comme publics, est une possibilité pour répondre à la demande de mobilité. « *La stratégie de la multimodalité semble à long terme plus sûre car elle s'inscrit dans une conception globale du transport qui considère que les divers modes ont leurs zones de pertinence et leurs circonstances d'utilisation respective* » (ASCHER, 1993).

La définition de l'intermodalité est la possibilité de passer d'un mode de transport à un autre au cours d'un même déplacement (BEAUCIRE, 1996). Système organisé de déplacements, il doit couvrir autant l'intégration tarifaire que l'organisation coordonnée et combinée des modes de transports entre eux (rabattements en transport public, en voiture et en vélo vers les gares et stations). Il s'agit d'assurer une cohérence, une harmonie pour les déplacements nécessitant une rupture de charge.

La notion de multimodalité est plus large. Il faut différencier les pratiques multimodales combinées au sens de l'association de la voiture à un mode de transport collectif au cours d'un même déplacement et les pratiques multimodales alternées passant par un recours différencié dans le temps et dans l'espace à la voiture et aux transports collectifs. Ces pratiques sont possibles grâce à l'existence de pôles d'échanges.

La réalisation d'un tel réseau s'inscrit alors dans une perspective de prise en compte des besoins des usagers potentiels en leur laissant le choix du mode de transport le mieux adapté.

2.3. Une offre attractive, adaptée aux besoins de mobilité

De bonnes conditions de circulation sur les réseaux de transports en commun périurbains sont primordiales pour maintenir un bon niveau de clientèle, satisfaire sa demande de mobilité et faciliter les conditions d'entrées et de sorties du réseau.

2.3.1. Les conditions de circulation

L'attrait des transports en commun en milieu périurbain tend à dépendre au moins autant de leur rapidité, de leur fréquence et de leur confort que de leur facilité d'accès (ASCHER, 1993) et de la possibilité de stationner au plus près des arrêts. Il est indispensable de prendre en considération les exigences des usagers. En présence d'une offre insuffisante, la clientèle délaisse petit à petit le système de transports publics. Le risque est alors grand de considérer que la clientèle d'usagers s'est écartée du transport collectif du fait de l'attrait de la concurrence que constitue la voiture individuelle et n'est plus récupérable, alors qu'elle a été en fait repoussée par les insuffisances du système, dont l'amélioration seule permet, mais à terme seulement, la fréquentation (GUYON, 2000).

Le succès de l'offre des transports résulte donc de nombreux facteurs, parmi lesquels il faut citer :

- la coordination entre les modes de transports
- l'accessibilité pour tous et pour tous types de motifs de déplacement
- le tracé et la structure des lignes,
- la détermination des arrêts,
- la fréquence (adaptée au périurbain),
- le cadencement de l'offre (répétition à l'identique des horaires de passage),
- la capacité,
- le niveau de confort,
- la qualité du service,

- l'amplitude du service,
- la structure tarifaire,
- l'information du public,
- la communication,
- la régularité du service,
- la sécurité pour les usagers et les agents de conduite,
- le nombre de destinations possibles avec et sans correspondance,
- l'organisation du rabattement,
- …

Nombre de ces dispositions militent en faveur d'un Transport en Commun Périurbain en Site Propre (TCPSP) seul garant de vitesse et de régularité. On entend par site propre une infrastructure protégée, c'est à dire un site non perturbé par d'autres circulations et où le franchissement des carrefours peut s'effectuer par la prise en compte anticipée des véhicules collectifs.

2.3.2. Une offre intermodale et multimodale

Un problème rencontré dans les zones périurbaines est celui de la rupture de charge. Celle-ci est synonyme d'une interruption dans un déplacement due à un changement de véhicule ou de mode de transport. Il y a rupture de charge quand un usager se rabat avec son véhicule particulier à un arrêt (passage d'un véhicule individuel à un véhicule collectif). Une correspondance sur un même quai entre deux trains, tramways, bus, différents est également une rupture de charge.

Les ruptures de charges pour lesquelles les usagers ont une emprise temporelle connue sont mieux gérées par les usagers et donc mieux perçues (choix du départ de la résidence/lieu de travail en fonction du passage prévu du transport en commun).

Par contre, celles entre deux modes de transports publics sont dissuasives. Mal perçues par le voyageur, elles sont synonymes d'attente et de perte de temps, de fatigue, d'inconfort. Face à cette situation, l'usage de la voiture se comprend d'autant mieux.

Un transport en commun périurbain ne peut être attractif et se présenter comme un choix alternatif à l'usage de la voiture individuelle qu'en gérant cet aspect de la rupture de charge. L'aménagement des pratiques multimodales et intermodales constitue une solution minimale à ce problème et le développement d'un transport en commun périurbain en site propre est de

nature à assurer le renforcement de l'attractivité du système auprès des usagers (qualités de vitesse, fréquence régulière, capacités d'accueil…).

Cette combinaison (politique de transport multimodale et intermodale et transport périurbain en site propre) constitue l'unique façon de répondre aux attentes des usagers qui « *cherchent à disposer de toujours plus de capacité de choisir, de changer, d'arbitrer* » (ASCHER, 1993).

Ces mesures militent pour la création d'un réseau de transports en commun périurbain en site propre. Ce réseau est axé sur un mode de transport attractif incitant les pratiques de report/transfert modales. La mise en place d'une politique de transport multimodale répond à cette logique, elle « *s'inscrit dans une conception globale du transport qui considère que les divers modes ont leurs zones de pertinence et leurs circonstances d'utilisation respectives et que l'essentiel n'est pas de déplacer les frontières de ces zones et des usages des divers modes, mais d'optimiser pour les individus et pour les collectivités les dispositifs complexes qu'ils forment ensemble* » (ASCHER, 1993).

La notion de **réseau** que nous évoquons est large dans le cas présent. Elle couvre le mode de transport, les voies nécessaires à sa circulation, les lignes de desserte, les points d'entrées et de sorties du périmètre des transports publics ou la mise en place de services destinés aux usagers afin de gérer, d'occuper, d'atténuer l'attente et le sentiment de perte de temps en permettant la réalisation de tâches quotidiennes.

De nouveaux services de transport en commun se proposant comme une alternative à l'usage de la voiture doivent offrir une offre conséquente, sans négliger pour autant les aspects d'utilisation et de confort, en somme la qualité du service. Ces derniers peuvent faire basculer le choix de l'individu en faveur des transports collectifs. (GUYON, 2000)

Sans un réel souci de prise en compte de ces aspects, la voiture individuelle aura toujours la préférence du voyageur. D'ailleurs pour certains types de déplacements, elle restera toujours la plus capable de remplir certaines fonctions et conservera la préférence des utilisateurs (courses familiales par exemple).

Au-delà du principe de l'intermodalité, une politique efficace en faveur des transports publics doit être intercommunale, interdisciplinaire et multi opérateur. L'optimisation des relations entre les différents réseaux repose également sur la mise en cohérence des informations de circulation : horaires, tarifs, information... La coordination entre les différents décideurs et acteurs est alors un signe de réussite.

Avec la multiplication des destinations des actifs pendulaires et la diversification de leur localisation résidentielle, la réalisation d'un TCPSP s'envisage dans un cadre régional et non plus seulement sur un périmètre périurbain. La desserte des pôles autour d'une agglomération est obligatoire tout autant qu'entre des agglomérations ! (par exemple Lyon – Voiron – Grenoble – Crolles – Chambéry soit plus d'une centaine de kilomètres).

2.4. Le choix de l'offre

On peut définir les principes de fonctionnement d'un TCSP en milieu périurbain autour d'une offre attractive.

2.4.1. La pertinence de l'offre

Indépendamment de l'organisation du service de transport dédié aux usagers, l'élaboration du réseau et l'emplacement des arrêts s'appuie sur la localisation des principaux pôles émetteurs et récepteurs de flux de déplacements : zones d'habitats, pôles d'emplois et grands équipements (ASCHER, 1998, p. 101).

Sachant que certains sites constituent des pôles générateurs de déplacement, les relier entre eux à travers les pratiques multimodales et intermodales garantit a priori une bonne efficacité du système de transport. Les liaisons concernent notamment :

- les pôles d'emploi (zones d'activité en périphérie tel que les technopôles),
- les centres villes,
- les centres commerciaux,
- les zones d'habitat sur un large périmètre,
- les universités,
- les établissements scolaires,
- les centres administratifs très fréquentés du public,
- les gares,
- les hôpitaux,
- les équipements sportifs,
- les équipements culturels.

Tous sont émetteurs de trafic, mais certains de façon relativement discontinue, comme les gares (hors trafic de banlieue), les commerces, les universités ou les hôpitaux, alors que d'autres suscitent des mouvements pendulaires, tels les pôles d'emploi et les établissements scolaires.

Pour utiliser au mieux, en heures creuses, la capacité des transports, et éviter d'avoir à assumer des trafics massifs unidirectionnels à l'heure de pointe, le tracé des lignes doit tenter, dans la mesure du possible, d'établir des liaisons entre des pôles diversifiés, susceptibles de générer des trafics répartis sur une grande amplitude de temps et dans deux directions opposées au moins. Pour l'opérateur de transport, la diversification de l'offre permet de répartir les pointes sur l'ensemble du réseau.

A la contrainte quantitative de l'élaboration d'un tracé s'ajoutent des contraintes qualitatives. La vitesse commerciale dépend aussi de l'itinéraire le plus direct possible et des contraintes de circulation.

2.4.2. La détermination des arrêts

Elle est fonction de trois critères (GUYON, 2000) :

- les contraintes du site,
- l'aire de desserte,
- l'espacement entre arrêts.

Les contraintes du site les plus importantes concernent l'occupation du sol et peuvent contraindre à implanter un arrêt nettement plus loin qu'à son emplacement idéal.

L'aire de desserte est fonction à la fois de la distance que l'usager accepte de parcourir pour rejoindre la station, ou sa destination depuis celle-ci, et de la géographie des lieux qui peut modifier l'accessibilité physique des sites desservis.

On considère en général que l'aire de desserte est comprise dans un cercle de 300 à 500 mètres autour de la station (BEAUCIRE, 2000), cette dernière valeur correspondant à la plus grande distance que le voyageur accepte de parcourir à pied.

L'espacement entre arrêts est lui aussi fonction de l'aire de desserte mais influe fortement sur la vitesse commerciale de la ligne. Il doit être le plus important possible, dans la limite des aires de desserte réelles de chaque station (GUYON, 2000).

Une des difficultés majeures pour le réseau de transport en commun périurbain réside dans la mise en relation d'espaces déséquilibrés en termes d'activités et de services distants les uns des autres. Pour illustrer notre propos, nous pouvons prendre l'exemple des pôles d'emplois, des centres administratifs, des hôpitaux (concentrés dans l'espace) et des zones d'habitats (étalées et fragmentées dans l'espace). L'enjeu se porte sur la localisation relative de l'origine du déplacement et de la destination terminale du déplacement par rapport au pôle

d'échange. Cette distance à parcourir depuis/vers le TCSP périurbain ne doit pas être dissuasive pour l'usager.

2.5. L'attractivité du réseau

Un réseau de transports en commun périurbain ne représente pas seulement pour les territoires une offre quantitative de transport, mais également une offre qualitative à travers le service de transport proposé, l'impact sur la consommation d'espace et l'environnement (bruit, pollution de l'air, pollution visuelle, pollution du sol, vibrations, empreinte dans le paysage, ont un coût social pour la collectivité).

Pour faire face aux difficultés de circulation, une solution appropriée consiste à développer et favoriser les déplacements multimodaux en constituant des pôles d'échanges. Les aménagements possibles peuvent prendre diverses formes, telles que :

- des procédures de concertation avec les entreprises (Plan de Déplacements Entreprises (PDE)),
- la création de parcs relais associés à des prestations de services…

2.5.1. Plan de Déplacements Entreprises (PDE)

L'acquisition par les entreprises de terrains uniquement alloués au stationnement de véhicules a un coût élevé, ce foncier immobilisé constitue une charge qui peut être réduite à condition de mettre en place une offre parallèle comme la création d'un PDE.

Un PDE ou plan de mobilité a un double objectif :

- réduire la part de la voiture dans tous les déplacements générés par l'entreprise (trajet domicile-travail, déplacements professionnels…),
- optimiser et sécuriser les déplacements des salariés.

Leur but est d'infléchir les habitudes de déplacements en mettant en place un plan d'actions visant à encourager l'usage des modes de transport alternatifs peu ou non-polluants (marche à pied, vélo, transports en commun, covoiturage) et en offrant un éventail de services aux salariés sur le lieu de travail. Les mesures de promotion des PDE sont multiples !

2.5.1.1. Mesures de promotion des modes de transport alternatifs :

Elles revêtent plusieurs aspects :

- Participation financière aux abonnements de transports en commun, titres de transports offerts pour les déplacements professionnels,

- Remise d'équipements de sécurité pour la pratique du vélo (casque, éclairage, …), création de vestiaires-douches et de parcs à vélos sécurisés, révision des vélos des salariés sur site, achat ou location d'une flotte de vélos d'entreprise,
- création d'un forum de covoiturage sur le site intranet de la société, abonnement à une centrale de covoiturage, places de stationnement réservées pour les véhicules servant au covoiturage dans les parcs relais, nettoyage du véhicule, vidange offert aux pratiquants du covoiturage…

2.5.1.2. Mesures visant à limiter les déplacements des salariés :

Elles concernent tant les aspects professionnels que personnels :

- télétravail, visioconférence,
- cafétéria d'entreprises, coin cuisine,
- bibliothèque, activités artistiques, salle de sports,
- crèche d'entreprise, service de blanchisserie, permanences juridique et bancaire,…

La liste de ces mesures n'est pas exhaustive, de multiples initiatives pour promouvoir la mobilité alternative et limiter les déplacements en automobile des salariés sont possibles.

2.5.2. Pôles d'échange

Les pôles d'échange sont des nœuds importants d'un réseau de transport, ils servent aux correspondances entre modes de transport collectifs/collectifs et collectifs/individuels. « *L'aménagement des points de rupture de charges (lieux de transbordement d'un moyen de transport à un autre) marque le paysage et constituent autant de points nodaux ou nœuds de communication* » (MERENNE, 1995). Les plus dynamiques concernent ceux où se trouvent les TCSP (tramways, métro, gares…)

Les correspondances entre les lignes se traduisent généralement par des périodes d'attente. La transformation de cette attente en occupation constitue un enjeu en faveur de l'accroissement de l'attractivité des transports publics. Il s'agirait d'associer grâce à ces pôles, fonctionnalité (se déplacer) et utilité (par exemple faire un achat de biens ou de services) dédiés aux usagers… des transports en commun.

Les pôles s'inscrivent dans une politique de partage modal entre les différents moyens de déplacement tout en étant favorables à l'usage des transports collectifs. Aménagés aux stations disposant de transports en commun en site propre, ils contribuent à la réalité d'une alternative à l'usage de la voiture individuelle pour certains types de déplacements.

Pour accroître l'attractivité de ces pôles, des services ouverts aux usagers peuvent être développés, comme des bornes Internet ou aménager les parkings sous forme de parkings relais. Leur succès est fonction du bon dimensionnement du pôle tout autant que de sa valorisation. L'aménagement des gares constitue une voie à explorer mais d'autres existent comme le développement de services visant à accroître les déplacements multimodaux dans les zones périurbaines. On pourrait imaginer une « transposition » de l'expérience récente (et réussie) de Lyon quant à la réalisation d'un réseau de location de bicyclettes. Nous présentons quelques exemples d'aménagement.

2.5.2.1. Les gares

A l'exemple des aménagements réalisés notamment dans les gares de la région parisienne[18], l'aménagement d'espaces de consommation et de services dans certaines gares du réseau régional est une idée à reprendre. Il s'agit de développer les commerces[19] au même titre que les services publics comme des guichets de poste, de sécurité sociale… cette mixité commerce/service/transport est peu présente en France. La création d'une direction des gares en janvier 2000 ayant pour but de « valoriser cet espace qu'est la gare » résume Pascal Lupo, son directeur, est le signe d'un changement de politique concernant la gestion du patrimoine de la SNCF.

Or s'agit-il d'une création de nouvelles activités ou au contraire d'une redistribution dans l'espace des activités préalablement existantes – ou déjà fermées pour cause de « non rentabilité » ?

2.5.2.2. Parc relais

« Les parcs relais organisent le stationnement des voitures au droit des stations de transports publics, pour une meilleure complémentarité modale » (CERTU, 1998). Ils sont associés à l'usage de la voiture individuelle.

Leur principe est donc le suivant : l'usager se rend en voiture de son domicile à une station de transport en commun, laisse son véhicule à la station sur un parking gardé et réservé à cet effet, et continue son trajet en transport en commun jusqu'à sa destination finale.

Il s'agit d'inciter les automobilistes, sur certains axes et dans certaines conditions, à abandonner leur véhicule au profit des transports publics.

---

[18] BUFFIER D., « La SNCF veut implanter des galeries marchandes dans ses grandes gares », Le monde, 04.04.03

[19] BUFFIER D., « Les usagers réclament d'abord une amélioration du service », Le monde, 04.04.03.

Ils doivent ainsi inciter à l'utilisation des transports en commun puisqu'ils offrent des avantages aux utilisateurs de ces structures circulant ensuite sur le réseau de transport en commun (une superficie de 3 300 m² permet de garer environ 160 véhicules)[20].

L'attractivité de cet équipement repose sur la proximité :

- des stations de transports publics pour minimiser la perte de temps liée aux changements de modes ;
- des nœuds de communication afin de rendre le moins pénible possible le détour nécessaire pour rejoindre le pôle d'échange et ainsi donner aux usagers le sentiment d'une perte de temps acceptable voire légitime… (commerces et autres services)

Leur succès est fonction de nombreux aménagements (CERTU, 1994) et surtout de bon sens.

2.5.2.3. Les aménagements de l'espace public

Les aménagements de l'espace public ont comme but le passage sans effort de la voiture aux transports en communs.

Le positionnement d'un parc relais (CERTU, 1999) doit tenir compte du trafic sur les infrastructures de circulation et être situé en amont des difficultés de circulation. Conçus pour faciliter les pratiques intermodales, ils sont accessibles à tous, disposent d'une bonne signalétique des itinéraires d'accès et sont situés à proximité immédiate d'une station de transport en commun périurbain en site propre.

Ils visent ainsi à attirer les voyageurs en les incitants à l'utilisation des transports en commun. Il s'agit d'un outil de transfert d'un mode à un autre, un outil de modération de l'usage de l'automobile sans pour autant réduire la mobilité et donc sans vouloir nuire à la vitalité économique (CERTU, 1993).

2.5.2.4. Les aménagements pour l'attractivité du réseau

Pour obtenir des résultats significatifs, la pratique de l'intermodalité au parc relais, portée par un réseau attractif (vitesse, confort et qualité de service sur l'ensemble du réseau), doit être encouragée par des offres tarifaires.

Participant à l'optimisation de l'usage du réseau de transport, ils peuvent capter de nouveaux usagers qui trouvent là un véritable avantage dans l'utilisation des transports en commun périurbains en site propre, comme par exemple celui de se soustraire à la conduite

[20] Il faut compter 100 à 150 m² pour la circulation d'une voiture particulière (circulation et stationnement)

automobile en ville, à la réduction de leur budget transport (coût de stationnement), associés à un gain de temps et une tranquillité d'esprit.

Leur conception et leur aménagement comme lieu d'échange doit faciliter le passage d'un mode à un autre. On peut indiquer quelques pistes :

- assurer la sécurité du parc et des véhicules par un gardiennage,
- adopter une politique tarifaire adaptée (gratuité ou combinée avec les transports en communs) (CERTU, 1994),
- mettre en cohérence le dimensionnement avec l'attractivité du mode de transport collectif,
- offrir une lisibilité du parcours pédestre entre l'aire de stationnement et le mode de transport en commun,
- se trouver à proximité de la station,
- mettre en place des correspondances avec d'autres services périurbains,
- assurer la gestion de l'attente en assurant une offre de services annexes,
- garantir la sécurité et l'accessibilité piétonnière.

Les parkings relais jouent alors le rôle d'une passerelle entre les transports collectifs publics et les transports individuels. En s'articulant avec les lignes de transport en commun périurbain en site propre, ils valorisent les pôles multimodaux et les déplacements intermodaux. Ils font partie intégrante du réseau et favorisent son attractivité.

Ils peuvent devenir des pôles structurant du paysage périurbain à condition d'en aménager les abords. Une bonne accessibilité piétonnière est un facteur déterminant dans le rôle d'animation que peut jouer une desserte de transports en commun en site propre.

L'aménagement de parcs relais et de services destinés aux usagers (mais pas uniquement) autour des stations de transports en commun périurbain vise à renforcer l'attractivité de l'ensemble du réseau. Ces pôles peuvent se situer à la croisée des domaines des Autorités Organisatrices (AO) et des communes ou des EPCI (Etablissements Publics de Coopération Intercommunales) compétents. Il convient alors de régler les rôles respectifs et la répartition de prise en charge des investissements et éventuellement du fonctionnement.

2.5.2.5. Développer l'intermodalité entre les modes doux et les autres

Des initiatives ont été prises pour le développement des modes doux de circulation comme à Lyon[21] et bientôt Paris et Marseille[22] avec l'organisation d'un réseau sécurisé de

[21] LANDRIN S., « Lyon met 2000 vélos à la disposition de la population », Le monde, 21.04.05.

location de bicyclettes sur le périmètre urbain et périurbain connecté au réseau de transport public (proximité des bornes, tarification avantageuse pour les usagers, lisibilité d'utilisation…).

En effet, dans le cadre du renouvellement de son marché du mobilier urbain, Lyon a mis en place en mai 2005 « un vaste réseau de location de bicyclettes novateur. 2 000 vélos mis en libre accès sur 200 bornes installées à travers la ville, ainsi qu'à Villeurbanne pour permettre à tout Lyonnais d'emprunter un vélo à moins de 300 mètres de chez lui ». Depuis son lancement « Le vélo en libre-service est entré dans le quotidien des Lyonnais. Détacher un deux-roues d'une borne place Bellecour, puis le déposer après avoir fait ses courses à une autre station est en train de devenir un nouveau mode de transport public ». Le principe est tel que « La première demi-heure de location est gratuite, comme la première heure, pour les titulaires d'une carte des Transports en commun lyonnais (TCL) ; l'heure suivante coûte entre 0,5 € et 1 €, suivant la formule d'abonnement choisie. En pratique, les habitants de Lyon roulent gratuitement. Ils peuvent laisser le vélo emprunté dans n'importe quelle station de la ville, faire leurs courses, se rendre sur leur lieu de travail et reprendre un autre vélo pour effectuer leur trajet de retour ».

Le Vélo'v est considéré comme « inviolable et involable » assure Franck Ponsonnet, le directeur régional de JC Decaux. Cette bicyclette est munie de quatre points de contrôle numérique qui vérifient après chaque utilisation que les freins, les vitesses et le phare fonctionnent correctement, ainsi que le gonflage des pneus. Les vélos défectueux restent bloqués sur leurs bornes et l'information est envoyée à un central.

Inspirée du modèle de Vienne pour élaborer son plan, le dispositif incite les utilisateurs à déposer leur vélo et non à le conserver (L'expérience autrichienne a montré que 90 % des gens utilisent les vélos moins d'une demi-heure). « Cela assure un turn-over et une autorégulation du système », explique Gilles Vesco, vice-président à la communauté urbaine en charge de l'opération.

Le succès d'un tel système est conditionné par la mise en place d'un réseau sécurisé de voies cyclables : en effet, un sondage, réalisé en 2000 par Ipsos pour la communauté urbaine de Lyon, avait montré que les freins à l'utilisation du vélo étaient le vol et le manque de sécurité.

---

[22] GIRARD L., « Le vélo urbain en libre-service bouscule les contrats d'afficheurs », Le monde, 13.02.06.

2.6. Incidence sur l'aménagement du territoire

Au-delà de leur fonction de mode de transport, les transports en site propre ont une incidence sur l'occupation du sol, ils marquent l'espace qu'ils traversent et induisent des formes urbaines (BEAUCIRE, 1996). Comme le souligne ASCHER (1998, p. 101), ils ont des « *vertus urbaines et urbanistiques qui vont bien au-delà d'une fonctionnalité de transport simple* ».

Les stations de transports ferrés urbains (tramway, métros) offrent aux habitants vivant dans le rayon de marche à pied (500 mètres) une bonne accessibilité au réseau sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un mode de rabattement. Ce faisant, l'occupation du sol est dense (dans un rayon de 500 mètres). Cet espace étant limité, les valeurs foncières s'y élèvent fortement et contraignent à une occupation plus intensive, ce qui est moins le cas, au-delà.

On ne constate pas avec les transports routiers cet état de fait. L'autobus est peu propice à engendrer ses propres formes d'urbanisation. C'est un mode de transport léger, souple, sans infrastructures propres, qui s'adapte à l'urbanisation plus qu'il ne l'engendre (MERLIN, 1992).

Les transports en commun n'ont une réelle influence durable sur la structuration de l'espace que lorsqu'ils disposent de leur propre voie de circulation matérialisée par une emprise physique réservée et exclusive. Cette réalité, visible en zone urbaine, témoigne en faveur du développement des Transports en Commun Périurbain en Site Propre (TCPSP). Le choix du mode de transport s'avère donc déterminant pour l'urbanisation. « *La restructuration des fonctions d'habitat et d'activités s'effectue autour de ces axes majeurs de déplacement* » (BUSSIERE, 1993).

Ainsi les transports en site propre représentent, en plus de leur fonction de déplacement, des instruments majeurs de l'aménagement du territoire, du développement économique et social (avec des retombées sur la qualité de vie et la protection de l'environnement). Ils incarnent un moyen efficace pour agir sur l'étalement spatial de l'habitat, contribuent à améliorer l'accessibilité d'un territoire (urbain comme périurbain) et rendent possible le développement ou le renforcement de divers équipements collectifs (ASCHER, 1993). Cependant, ce dernier effet est souvent limité dans l'espace au voisinage des arrêts. Dans ce cas, il n'est pas systématique et son apparition est fonction des actions d'accompagnement menées par les autorités locales en matière d'urbanisme. Il est primordial de tenir compte des influences de l'urbanisation dans les déplacements et réciproquement et de tirer parti des infrastructures existantes.

Les TCPSP devraient faire partie des critères décisifs pour la localisation des équipements publics et privés, et ils devraient être accompagnés autant que possible d'aménagements pour favoriser l'intermodalité (ASCHER, 1998, p. 101).

3. LES DISPOSITIONS EN FAVEUR DU DEVELOPPEMENT DES TCPSP

Face à l'enjeu des déplacements, une réglementation a été mise en place depuis le début des années 1980. Les lois et les documents d'urbanisme ont vu leur champ d'application s'élargir et concerner des territoires plus vastes. Ces outils permettent aux agglomérations de maîtriser et d'organiser les déplacements collectifs et individuels, motorisés ou non, en ville. Ils ont permis de mieux appréhender les mécanismes de déplacements.

Nous orienterons notre analyse sur le seul volet « transport de personnes » des documents d'urbanismes.

3.1. La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI)

La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) incarne la volonté politique de prendre en charge les problèmes liés aux déplacements. Votée en 1982, elle met à la charge des « autorités organisatrices » (AO), (formées de collectivités territoriales), l'organisation des transports publics urbains dans leurs limites territoriales. Cette loi pose le principe du droit au transport pour tous, le principe du libre choix de l'usager entre les différents modes de transport et réaffirme la mission de service public des transports collectifs urbains. La question des limites des objectifs de la LOTI, dans un contexte d'étalement urbain supérieur au périmètre territorial de compétence de l'AO, reste néanmoins posée.

En outre, le législateur a créé les Plans de Déplacement Urbain (PDU) qui prévoient une compatibilité entre les différents documents de planification et de gestion (plans régionaux d'aménagement, schémas directeurs…).

3.2. La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU)

La loi Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) du 13 décembre 2000 a créé les Schémas de Cohérence Territoriale en remplacement des anciens Schémas Directeurs. Les Plans d'Occupation des Sols (POS) sont pour leur part remplacés par les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).

Elle renforce la compétence des PDU en leur confiant davantage de fonctions. La loi SRU prévoit de renforcer les liens entre PDU et les documents de planification en termes de déplacements, en rendant obligatoire la cohérence des PDU avec le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) et le Plan Local d'Urbanisme (PLU) des communes.

La loi avait déjà favorisé la coopération entre autorités organisatrices de transport à travers la création de syndicats mixtes de transport. Ce dispositif repose sur un principe d'association volontaire au sein d'une structure qui complète son action coopérative.

Cet encouragement à la coopération est dicté par le constat suivant : les trajets domicile-travail, compte tenu de la périurbanisation, peuvent être réalisés sur le périmètre de plusieurs autorités organisatrices de transport. Sans la rendre obligatoire, la loi tend à faciliter l'association d'une ou plusieurs autorités organisatrices de transport au sein d'un syndicat mixte, dont le périmètre est déterminé par les autorités elles-mêmes. Les objectifs dévolus à ce syndicat mixte consistent en la coordination des services par les autorités organisatrices de transport, la mise en place d'un système d'information à l'intention des usagers, ainsi que la recherche d'une tarification coordonnée et des titres de transport uniques ou unifiés.

La loi confère au syndicat un pouvoir de substitution en lui octroyant la possibilité d'organiser, des services qui peuvent être réguliers ou à la demande, ainsi que la réalisation et la gestion d'équipements et d'infrastructures de transport. L'objectif est de réaliser la complémentarité des différents réseaux existant afin de les rendre plus performants et attractifs pour les usagers. La loi octroie ainsi à ce syndicat des moyens pour financer ses actions en lui donnant la possibilité de créer, de fixer et de percevoir le « versement transport » auprès des employeurs.

3.3. Le Plan de Déplacement Urbain (PDU)

Introduit en 1982 par la LOTI, le plan de déplacement urbain (PDU) définit les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement dans le Périmètre des Transports Urbains (PTU). Il précise les mesures d'aménagement et d'exploitation à mettre en œuvre.

Obligatoire dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, il est élaboré par l'Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU). Il « vise à assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé, d'autre part ».

C'est un outil d'aide à la décision et à la programmation pour les collectivités. Il contribue à l'organisation des déplacements dans un cadre urbain en évolution. Il permet une réflexion sur l'ensemble des modes de transport et leur articulation dans un milieu urbain qui doit rester à la fois un moteur de l'activité économique et un espace de vie sociale et culturelle.

La loi sur l'air a assigné six orientations obligatoires supplémentaires aux PDU :

- la diminution du trafic automobile,
- le développement des transports collectifs et des moyens de déplacements économes en énergie et moins polluants,
- l'aménagement et l'exploitation du réseau principal de la voirie d'agglomération,
- l'organisation du stationnement sur le domaine public, sur la voirie et en souterrain,
- le transport et la livraison des marchandises,
- l'encouragement pour les entreprises et les collectivités publiques à favoriser le transport de leur personnel.

La loi SRU institue la prédominance du PDU sur le Plan Local d'Urbanisme (art. L. 123-1). Si auparavant, les POS devaient seulement prendre en considération les dispositions relatives au PDU, les plans locaux d'urbanisme doivent, en revanche, lui être compatible. L'objectif d'une telle mesure consiste à limiter le recours à la voiture, là où les conditions de desserte par les transports publics réguliers le permettent.

Les objectifs du PDU sont confortés puisqu'il s'agit d'améliorer la sécurité de tous les déplacements, notamment en définissant un partage modal équilibré de la voirie pour chacune des différentes catégories d'usagers (bus, taxis, cycles...).

Un autre enjeu des PDU est l'organisation du stationnement sur voirie et dans les parcs publics de stationnement. Celui-ci doit également prévoir la mise en cohérence des horaires de livraison et des poids et dimensions des véhicules de livraison au sein des périmètres des transports urbains.

Enfin et pour terminer, il revient au PDU de favoriser la mise en place de tarifications et de billettiques intégrées pour l'ensemble des déplacements, favorisant l'utilisation des transports collectifs.

3.4. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT)

Le SCoT remplace le schéma directeur d'aménagement. Il devient le document de référence des politiques publiques, par conséquent les PDU doivent lui être compatibles (art. L. 122-1 C. urb.).

Outil de planification intercommunale, il définit « l'évolution d'un territoire dans la perspective du développement durable et dans le cadre d'un projet d'aménagement et de

développement ». Il tient compte de l'habitat, des déplacements, de l'environnement, de l'urbanisme et des implantations commerciales.

Il se structure selon trois principes :

- un principe d'équilibre,
- un principe de diversité des fonctions urbaines et de mixité sociale,
- un principe de respect de l'environnement.

Dans le domaine des transports, il s'organise selon quatre objectifs de déplacements :

- définir une politique multimodale à l'échelle du territoire,
- maîtriser la circulation urbaine,
- veiller à la cohérence de la politique de déplacement avec le développement du territoire,
- optimiser l'offre de transport existante.

L'interaction entre le développement urbain et la politique des déplacements est renforcée par le fait que l'établissement public, chargé de l'élaboration du schéma de cohérence territoriale, peut voir sa compétence étendue à l'élaboration d'un PDU couvrant l'ensemble du périmètre, sous réserve que ce dernier inclut la totalité du ou des périmètres de transport urbain qu'il recoupe. Ce dispositif est cohérent puisque les problèmes de circulation ne s'arrêtent pas au seul périmètre des transports urbains et qu'il est indispensable d'avoir une vision plus large des enjeux de déplacements. Les autorités compétentes en matière de transport urbain, les départements et les régions, sont associées à l'élaboration du PDU, dont le projet devra leur être soumis pour avis. Ces mêmes autorités mettront en œuvre les mesures d'aménagement adoptées avec leur accord et d'exploitation inscrites par le plan[23].

Ce document définit les objectifs de développement urbain, en tenant compte des politiques de déplacements.

3.5. Plans Locaux d'Urbanisme (PLU)

Les PLU sont les outils principaux de mise en œuvre, à l'échelle communale, des politiques urbaines. Ils donnent aux communes un cadre de cohérence opérationnelle pour les différentes actions et opérations, publiques ou privées, et assureront la diversité des fonctions urbaines prévues par la loi en s'inscrivant dans une hiérarchie de normes.

La loi place le développement durable au cœur de la démarche de planification à travers une réécriture et un approfondissement du principe d'équilibre. Il s'agit de mieux penser le

[23] SMTC, « Le Plan de Déplacements de l'Agglomération Grenobloise », 1999, 134 p.

développement de la ville afin qu'il consomme moins d'espace, qu'il produise moins de nuisances et qu'il soit plus solidaire en inversant les logiques de concurrence de territoires.

L'apport du plan local d'urbanisme par rapport au POS est de favoriser la remise sur le marché de friches et terrains inexploités, la réhabilitation de quartiers anciens dégradés, mais aussi d'intégrer le traitement des espaces publics dans les démarches de planification. Comme les POS, les PLU continuent à préciser le droit des sols.

L'esprit de la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) souhaite, par divers outils (SCOT, PLU), concilier politique d'urbanisme et politique des transports. Ces outils aident à canaliser la question de la mobilité dans les espaces périurbains. Néanmoins les difficultés continuent à résider dans le transfert d'une pratique individuelle à une pratique collective de déplacement.

Accompagner la politique des transports en milieu périurbain passe également par la manière de penser l'urbanisme en périphérie qui doit être envisagé en relation avec les transports en commun et non l'inverse. Charge aux différents acteurs de se concerter et de s'accorder sur la création d'une Autorité responsable capable de coordonner tous les déplacements entre les différents périmètres et pouvant aussi gérer un TCPSP.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

La séparation des fonctions « habitat » et « activité », à la fois origine et conséquence de la périurbanisation, montre la limite de l'utilisation de la voiture individuelle pour les déplacements. Les réseaux de transports en commun périurbains sont insuffisamment développés au regard des enjeux de déplacements.

Cependant, les récentes dispositions législatives (loi sur l'air ou la loi SRU), visant à renforcer et à définir un cadre de coopération entre les collectivités urbaines et périurbaines, sont de bon augure pour mettre en marche un mouvement d'appropriation de l'espace public par les transports en commun périurbains en site propre et œuvrer ainsi à un changement de mentalité dans l'usage des transports pour les déplacements quotidiens.

L'organisation des réseaux de transport en commun périurbains en site propre doit chercher à réduire la pénibilité d'un trajet ou à augmenter l'attractivité des transports publics auprès des usagers. Le temps de parcours, la fréquence[24] de passage ou les ruptures de charge en constituent des facteurs déterminants d'attractivité. Si l'exploitant peut « facilement » agir sur la fréquence, le temps de parcours grâce à quelques ajustements et aménagements, il lui est par contre plus difficile de réduire les ruptures de charge voire de les supprimer.

La mise en œuvre d'une telle politique nécessite des changements techniques importants et implique de penser différemment les logiques de dessertes. Le tram-train ou tramway d'interconnexion correspond à cette logique.

[24] La fréquence est un élément de coût : 1 bus/heure ou 1/10 minutes c'est un coût *6. La vitesse commerciale est une élément d'économie : Vk*2 ce sont des coûts divisé /2 et une fréquentation *2.

PARTIE II LE TRAM-TRAIN

INTRODUCTION DE LA SECONDE PARTIE

La solution de l'interconnexion semble appropriée pour contribuer à résoudre les problèmes des déplacements dans les espaces périurbains et plusieurs exemples existants prouvent son efficacité dans la concurrence avec la voiture individuelle. Un tel dispositif a également des conséquences sur la structuration des zones périurbaines.

Les véhicules circulant sur ces réseaux ferrés interconnectés sont appelés tram-train[25] ou tramways d'interconnexion. Ils sont Différents des tramways périurbains ou régionaux qui ne fonctionnent pas sur une logique d'interconnexions des réseaux et circulent seulement sur les voies ferrées classiques en assurant une desserte rapide à interstation courte (GART, 1997). La circulation d'un tram-train est mixte avec les trains classiques (grandes lignes, services régionaux et de marchandises) sur le réseau ferré national.

La première réalisation de ce genre a eu lieu en 1992 à Karlsruhe, en Allemagne. Le gain de temps pour les usagers a contribué au succès de cette innovation. Elle s'est traduite à Karlsruhe par une augmentation du trafic des transports publics et a provoqué un important report du mode individuel vers le mode collectif (GUYON, 2000) (son analyse fera l'objet du Chapitre 5).

La réalisation d'une autre liaison tram-train, transfrontalière cette fois, entre Sarrebruck et Sarreguemines en 1997 en a confirmé les résultats. Depuis, les projets de tram-train fleurissent en Europe. Ils sont à l'étude en France : Grenoble, Lyon, Nantes, Strasbourg et d'autres villes y réfléchissent pour gérer les problèmes liés à la périurbanisation. Le premier tram-train « franco français » devrait circuler à Mulhouse à l'horizon 2008-2010, celui de Strasbourg arrivant peu de temps après (ce dernier sera traité dans le Chapitre 6).

Le Chapitre 4 s'intéressera au principe de fonctionnement du tram-train et au projet de circulation dans la vallée du Grésivaudan.

[25] Nous emploierons le terme tram-train et non de train-tram. Cette différence sémantique revêt une importance de taille. Il s'agit bien d'un tramway circulant sur les infrastructures réservées à la circulation des trains. Le terme de train-tram peut-être interprété et confondu avec un train qui circulerait en ville.

CHAPITRE 4.
UN TRAM-TRAIN DANS LA VALLEE DU GRESIVAUDAN

« *Le tram-train est d'abord un tramway avec ce que cela implique comme saut qualitatif par rapport à un mode de transport classique : amélioration des fréquences et des dessertes, meilleure qualité de vie et moindre pollution pour les habitants. Il représente ensuite, à travers la connexion avec le réseau ferré, un élargissement considérable du périmètre desservi* ».[26]

Jean-Marie Bockel, député-maire de Mulhouse

[26] http://www.gart.org/lettres/1999/let1199.htm#mulhouse

Envisagé à Grenoble dans le cadre du schéma directeur de la Région Urbaine Grenobloise, un réseau de tram-train pourrait concerner à terme les trois vallées (dans une configuration optimale). En circulant sur l'infrastructure ferroviaire existante, le réseau pourrait assurer la desserte :

- du Grésivaudan jusqu'à Pontcharra,
- du secteur Sud jusqu'à Vif et Vizille,
- au nord-ouest, d'une part jusqu'à St Marcellin et d'autre part du secteur de la Bièvre.

Il profiterait ainsi à l'ensemble de la Région Urbaine Grenobloise.

L'extension du réseau de tramway urbain grenoblois jusqu'à la gare de Gières fournit la possibilité d'une interconnexion ferroviaire avec la voie ferrée de la vallée du Grésivaudan, qui pourrait offrir une liaison attractive en transports en commun entre les secteurs Agglomération et Grésivaudan. Cela permettrait de répondre en partie aux problèmes de déplacements de la vallée du Grésivaudan, qui sont liés à la périurbanisation et à la séparation dans l'espace des fonctions d'habitat et d'activités.

Nous examinerons la desserte de la vallée du Grésivaudan après avoir présenté le concept de tram-train.

1. LE TRAM-TRAIN

Le tram-train est un véhicule hybride. A la fois tramway et train, il circule successivement sur les voies ferrées nationales existantes (voies RFF essentiellement) et en ville sur les voies du tramway urbain. Fruit des technologies tramways et trains, il doit répondre aux exigences techniques, opérationnelles et de sécurité des deux systèmes.

1.1. L'interconnexion des réseaux ferrés

L'objectif du tram-train est d'offrir aux voyageurs effectuant des liaisons centre / périphérie (et périphérie / périphérie pour les territoires traversés), un mode de transport attractif par ses fréquences de passage, sa vitesse, sa sécurité, son confort… Bien organisé, ce mode est capable d'offrir une alternative à l'usage de la voiture.

1.1.1. Un « rail unique »

Le tram-train a pour particularité de circuler successivement sur les voies ferrées urbaines d'un réseau de tramway et d'un réseau de chemin de fer. Il repose en cela sur l'interconnexion de deux techniques ferroviaires différentes (Figure 4-1).

Figure 4-1. Tram-train et Train en gare de Karlsruhe sur le réseau ferroviaire principal (source TTK)

La circulation d'un seul type de véhicule sur deux infrastructures différentes est possible moyennant un raccordement et la prise en compte des contraintes inhérentes aux deux réseaux. Une telle interconnexion relit les zones périurbaines au centre-ville sans rupture de charge et capte, moyennant éventuellement un rabattement sur une station, les voyageurs dès l'origine de leur déplacement.

Cette interconnexion contribue à la desserte plus fine des territoires traversés. En supprimant une rupture de charge, le nombre de destinations accessibles avec une seule correspondance tramway ou bus, grâce au maillage et à la couverture des réseaux de transport régionaux et urbains, est considérablement augmenté.

1.1.2. La suppression d'une rupture de charge

Là où il fallait deux correspondances avant l'interconnexion, une seule est à présent nécessaire (Figure 4-2).

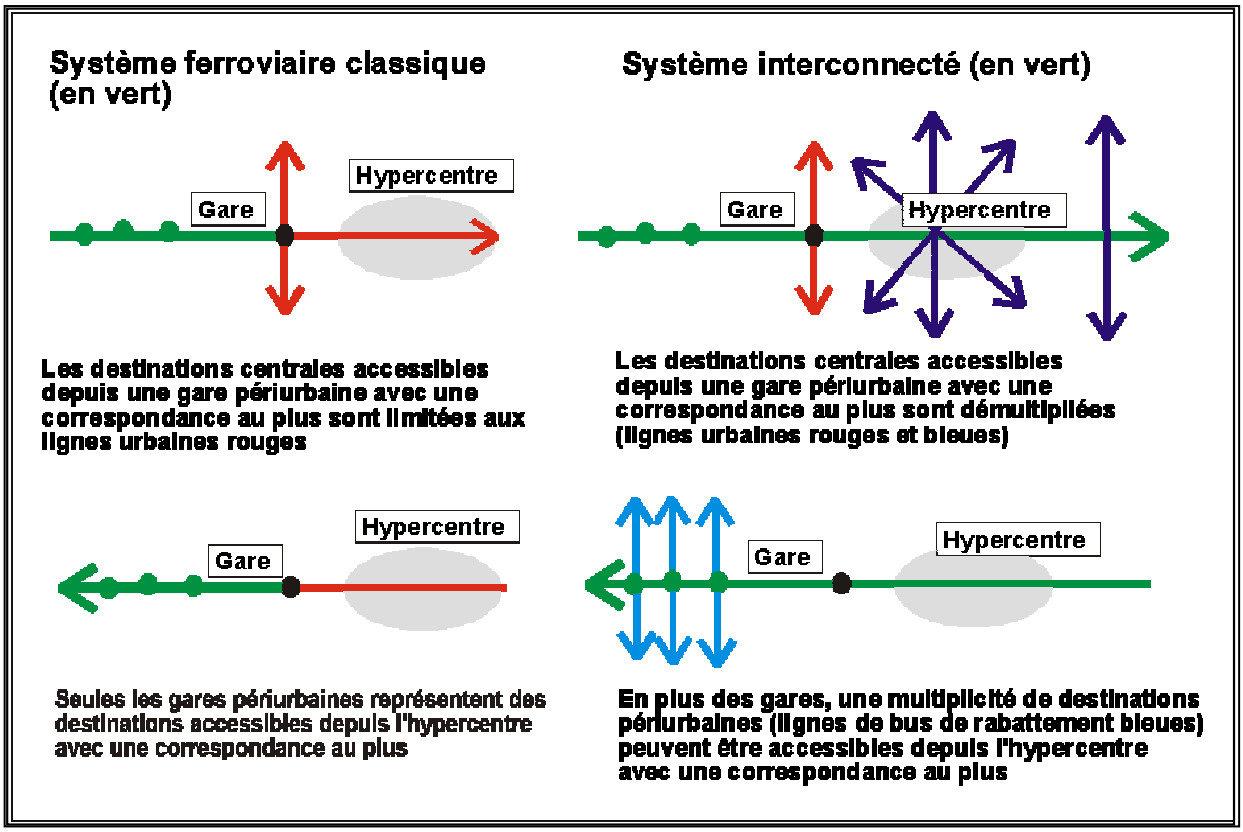


Figure 4-2. Démultiplication des destinations (source : TTK)

Le rabattement en cars, bus, voitures et modes doux sur un réseau interconnecté donne ainsi davantage d'opportunités de destinations accessibles en transport en commun qu'un réseau qui ne l'est pas.

La suppression d'une correspondance « forcée » a des effets indéniables sur la qualité du transport (renforcement de l'attractivité du tram-train) et sur l'exploitation du réseau. Elle présente plusieurs caractéristiques telles que :

- offrir des temps de parcours pour un trajet au moins aussi courts que ceux réalisés en voiture,
- avoir des fréquences de passage plus importantes,
- réduire les temps des trajets,
- présenter une meilleure fiabilité des horaires…

La suppression d'une correspondance donne au tram-train la possibilité de modifier d'une manière décisive l'image des transports en commun. En effet, l'attente perçue lors des

correspondances pénalise l'image et le confort d'usage des transports en commun et conduit à un rallongement des temps de parcours. Si l'on ajoute une durée d'attente souvent non précisée et parfois longue, se traduisant par de l'incertitude voire de l'angoisse (liée à l'absence d'information), il n'est pas étonnant de constater une chute de la part modale des transports collectifs dès lors que deux correspondances ou plus sont nécessaires.

1.1.3. Réorganisation du réseau de transport en commun

L'interconnexion, en supprimant une rupture de charge, assure aussi un gain de temps pour les usagers. Pour l'autorité organisatrice, l'interconnexion des modes a des conséquences radicales sur l'exploitation des différents réseaux de transports (bus, tramway, trains). Tout le réseau doit être repensé et toutes les relations entre les modes soigneusement organisées (aménagement des correspondances, tarification commune et adaptée, horaires aménagés, amplitude du service élargie, information des usagers…).

1.2. Compatibilité des systèmes ferroviaires

La circulation sur des réseaux interconnectés soulève néanmoins de nombreux problèmes de technique et de sécurité des passagers. Loin de vouloir constituer ici une revue technique sur le matériel tram-train il parait cependant important d'en souligner quelques éléments.

1.2.1. Les aménagements pour la circulation des véhicules

Les différences sur les plans techniques et réglementaires des deux techniques ferroviaires nécessitent des adaptations pour les rendre compatibles.

1.2.1.1. Les gabarits des véhicules

L'interconnexion des réseaux ferrés n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Certes, l'écartement des voies (1,437 mètres, excluant de fait les réseaux de tramway à écartement métrique) est le même, mais les gabarits des véhicules sont différents. Ainsi, un train classique mesure 2,90 m de large, tandis qu'un tramway est de gabarit plus petit : 2,40 m de largeur pour les rames CITADIS-403 et EUROTRAM de Strasbourg, 2,30 m pour les rames TFS et 2,40 m pour les rames CITADIS-402 de Grenoble, 2,65 m pour les rames CITADIS-302 de Mulhouse…[27] Ces différents exemples montrent que selon le matériel, la lacune (espace entre la rame et le quai) est comprise entre 30 cm et 12,5 cm de chaque côté de la rame. Le tram-train doit donc être muni d'un dispositif (palette rétractable par exemple) pour

[27] ADTC, Bulletin n°104, juin 2005

assurer une bonne accessibilité entre le seuil des portes et les quais en gares SNCF à toutes les personnes, qu'elles soient âgées à mobilité réduite, encombrées...

La différence de hauteur de quai entre les stations tram et les gares SNCF oblige le tram-train à disposer d'un marchepied escamotable, lui permettant de s'adapter à des hauteurs de quai différentes du Réseau Ferré et des quais de tramway urbain.

1.2.1.2. Les courbes

Les courbes sur les réseaux de tramway urbains sont inférieures à celles que l'on trouve sur le Réseau Ferré Français ou tout autre Réseau Ferré National. Le rayon des courbes détermine la vitesse maximum des convois. Plus ils sont faibles, plus les convois devront s'engager à vitesse réduite. Les courbes peuvent être de grand rayon en terrain libre. Il va tout autrement en ville pour un tramway où les courbes sont de faible rayon ce qui lui assure en contrepartie une circulation facilitée dans le paysage urbain. Ainsi pour les tramways le rayon de courbure peut atteindre jusqu'à 40 à 60 mètres alors que pour une voie ferrée normale le rayon minimum d'une courbe est de 500 à 800 mètres.

Pour cela, les rames de tram-trains doivent aussi être composées de modules courts, calqués sur ceux des tramways urbains. Cela permet l'insertion des véhicules sur les deux réseaux et assure le croisement avec des rames urbaines. La norme technique retenue pour les véhicules dépend évidemment des contraintes les plus fortes.

1.2.1.3. Appareils de voie

Le franchissement des aiguillages du réseau ferroviaire implique d'équiper des tram-trains avec des roues d'un diamètre légèrement supérieur à ceux d'un tramway urbain et bénéficiant d'un boudin plus épais que les rames urbaines.

Les rails urbains doivent garantir la circulation des deux types de véhicules. Le réseau de tramway de Strasbourg (qui doit accueillir son tram-train vers 2008-2010) dispose sur ses lignes de tramway B et C de rail à gorge profonde (41 mm) permettant la circulation des tram-trains sans difficultés. Pour la ligne A, dotée de rails traditionnels de 35 mm de profondeur, la possibilité de circulation est soumise à validation technique[28]. Ces éléments doivent être intégrés lors de la réalisation d'un réseau de tramway si l'on ne veut pas changer les rails pour faire circuler des tram-trains. L'anticipation permet d'adapter le rail urbain au passage du tram-train.

[28] Entretien à la délégation régionale SNCF Strasbourg

1.2.2. La sécurité

Techniquement, avec le tram-train, on peut supposer que les conducteurs de tramway pourront circuler sur le réseau ferré national et les cheminots de la SNCF sur le réseau urbain. Or, la conduite d'un tramway se fait en marche « à vue » tandis que les trains circulent en cantonnement[29]. Cette différence a conduit la SNCF à créer depuis peu un nouveau métier : conducteur de tram-train.

Les tramways et les trains ne sont pas non plus sujets aux mêmes normes de déformation de la structure en cas de collision. Le matériel tram-train doit satisfaire aux deux contraintes de sécurité pour circuler en suivant un protocole GAME (Globalement Au Moins Equivalent) : en cas de collision avec un autre véhicule, ce qu'il perd en déformation de la structure doit être compensé par une décélération plus importante[30].

1.2.3. Les caractéristiques techniques

1.2.3.1. La vitesse

Grâce à ses capacités d'accélération[31] et de décélération[32], le tram-train s'insère, moyennant quelques aménagements, dans le trafic ferroviaire sans le perturber, tout en s'arrêtant plus fréquemment qu'un train classique de type TER et sans pour cela augmenter les temps de parcours (Figure 4-3).

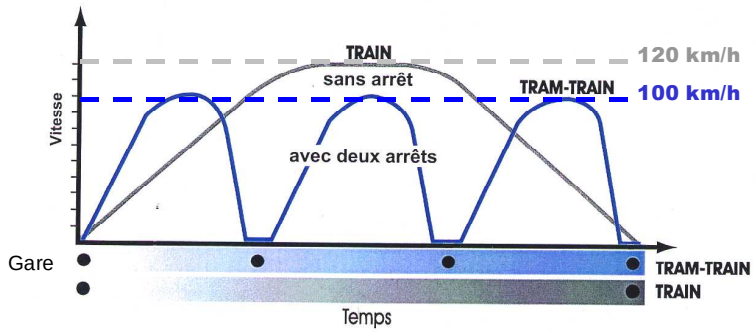


Figure 4-3. Schéma de circulation du tram-train sur les voies RFF[33]

---

[29] Le canton est une portion de voie ferrée dont la longueur varie en fonction de son régime d'exploitation et du système de cantonnement. Le cantonnement est le moyen employé pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie. L'entrée du canton est précédée par des signaux qui en autorise l'entrée. Lorsqu'un train pénètre dans un canton, le signal d'entrée du canton se ferme. Lorsque le train poursuivant sa marche entre dans le canton suivant, le signal d'entrée de ce dernier est fermé tandis que celui du canton précédent peut être rouvert.

[30] Entretien à la délégation régionale SNCF de Strasbourg

[31] 1,5 m/s² pour le tram-train et 0,75 m/s² pour un train TER et 0,95 m/s² pour un tramway moderne du type Citadis 2005-2006

[32] 1,2 m/s² en décélération normale et 2,9 m/s² en décélération d'urgence pour un tramway de la gamme Citadis

[33] Entretien délégation SNCF Paris

Capable d'une forte accélération lui permettant d'atteindre rapidement sa vitesse maximale (100 km/h contre 50 km/h pour un tram urbain), le tram-train, à nombre d'arrêt doublé, peut conserver voire améliorer le temps de parcours par rapport à une desserte ferroviaire classique, avec une vitesse commerciale identique, de l'ordre de 50 à 60 km/h.

Par exemple, le tram-train Sarrebruck - Sarreguemines qui fonctionne depuis 1997 effectue la liaison entre ces deux villes en 30 minutes, avec 14 arrêts, alors que le train classique, dans le même temps, ne desservait que 7 stations. Cela s'est traduit par une augmentation de la population desservie.

Au centre d'une agglomération, des interstations de 600 à 800 m sont habituelles et peuvent atteindre plusieurs kilomètres en milieu périurbain. Il y a donc une souplesse dans les distances entre les stations et dans le choix des arrêts en fonction des besoins.

Pour des raisons d'exploitation, il est toutefois délicat d'envisager une fréquence de passage identique à celle d'un tramway (3-4 min) en milieu périurbain en marche à vue. Par contre, des fréquences de 10 à 15 minutes se justifient par la densité de population desservie[34].

1.2.3.2. Un véhicule bi-courant

Les rames doivent intégrer une alimentation bicourant pour prendre en compte les différentes tensions d'alimentation électrique :

- 750 V continu en urbain pour le tramway,
- la tension locale utilisée par le chemin de fer[35].

1.3. Le tram-train, un mode de transport aux multiples facettes

1.3.1. Le tram-train, outil fédérateur

Un réseau de tram-train nécessite des coopérations notamment entre les autorités organisatrices et les exploitants afin de créer ou de désigner une autorité organisatrice pour la gestion du tram-train et de mettre en place une tarification Intégrée.

1.3.1.1. Une Autorité Organisatrice d'un nouveau genre

Le développement d'un service de tram-train suppose la création d'une autorité organisatrice d'un nouveau genre. Elle doit associer les Autorités Organisatrices ayant la

[34] A titre d'illustration, le lecteur trouvera en Annexe 6 le graphiquage d'une ligne de tram-train.

[35] 15 000 V. ou 25 000 V. alternatif monophasé, 1500 V. ou 3000 V. continu

compétence transport (villes, départements ou régions), les propriétaires des infrastructures telles que la SNCF et RFF et les exploitants des services urbains et périurbains.

Examinons l'exemple de la Région Urbaine Grenobloise. La Figure 4-4 en présente les différentes Autorités Organisatrices et leurs périmètres de compétence respectifs.

L'actuelle situation institutionnelle sur la Région Urbaine Grenobloise (il en est de même pour d'autres Régions Urbaines en France) permet difficilement de désigner une Autorité Organisatrice en charge du tram-train. Elles sont limitées juridiquement et financièrement à leur périmètre de compétence.

Sur la région urbaine grenobloise, elles sont au nombre de trois :

- le Syndicat Mixte des Transports en Commun (SMTC) organise, finance et construit le réseau transport en commun urbain (bus, trolleybus et tramway) dans le Périmètre de Transport Urbain (PTU). Il est responsable de la desserte urbaine (la SEMITAG a en charge l'exploitation du réseau).
- le conseil régional Rhône-Alpes organise les dessertes ferroviaires régionales et locales en TER et service RER « Lazer ». L'exploitation en est confiée à la SNCF.
- le conseil général de l'Isère organise les dessertes locales et régionales routières par autocars du réseau Trans'Isère.

<table>
<tr><th>Structures actuelles sur la RUG
Périmètre</th><th>SMTC
SEMITAG</th><th>Conseil Général de l'Isère</th><th>Région Rhône Alpes
SNCF
RFF</th></tr>
<tr><td>Périmètre de Transport Urbain (PTU)</td><td>Transport en Commun Urbain (TCU)</td><td></td><td rowspan="4">TER</td></tr>
<tr><td>Périurbain</td><td></td><td rowspan="3">Cars du réseau Trans-Isère</td></tr>
<tr><td>Rural</td><td></td></tr>
<tr><td>Interurbain</td><td></td></tr>
</table>

Figure 4-4. Autorités organisatrices et exploitants selon leur périmètre de compétence

Actuellement, il existe plusieurs autorités organisatrices compétentes sur leur propre périmètre. Leur imbrication et leurs frontières constituent un obstacle à la mise en place d'un dispositif cohérent et fonctionnel.

Il convient alors de trouver un cadre institutionnel permettant de gérer l'intermodalité et la coordination entre les systèmes existants et ceux qui sont envisagés tel que le tram-train.

La constitution d'un dispositif que nous appelons « communauté de transport », pour prendre en charge l'ensemble urbain et périurbain doit regrouper, selon des modalités à définir, les Autorités Organisatrices, les exploitants et les propriétaires des infrastructures et du matériel roulant. Cela peut constituer une réponse (Figure 4-5) à un problème délicat à résoudre : celui de la répartition des rôles en matière de périmètre d'intervention, d'exploitation, des coûts et des recettes. Chacun doit assurer sa part de financement des infrastructures et du fonctionnement et en échange percevoir une partie des recettes, le tout selon des clés de répartition à définir, ce qui n'est sans doute pas le plus simple à mettre au point.

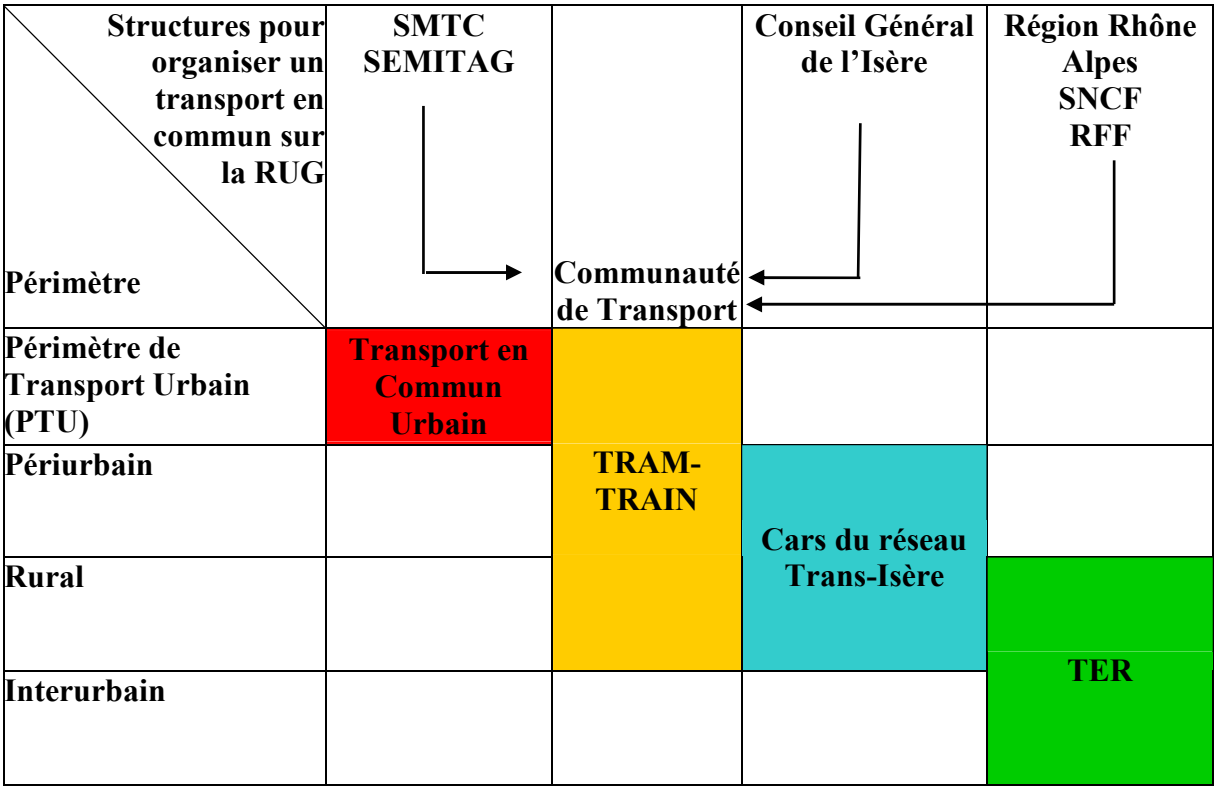


Figure 4-5. Une nouvelle Autorité Organisatrice pour le tram-train

1.3.1.2. Une intégration tarifaire

Le tram-train s'inscrit dans une logique d'interconnexion et d'intermodalité des modes ferroviaires. En assurant des liaisons centre-ville / zones périurbaines, le périmètre d'action du Périmètre de Transport Urbain peut être élargi aux zones périurbaines (il devient davantage un Périmètre de Transport PériUrbain). Il rendrait ainsi plus équitable la contribution au

Versement Transport des employeurs, en fonction de la qualité de desserte des Transports en commun et de l'éloignement des zones.

En couvrant un périmètre plus large que les actuels PTU, le tram-train impose la constitution d'une communauté tarifaire.

L'Autorité Organisatrice a tout intérêt à mettre en place une intégration tarifaire incitative permettant aux usagers de se déplacer sans tenir compte, ni des frontières institutionnelles, ni de la nature de l'opérateur[36]. Cette amélioration qualitative du service renforce l'attractivité du réseau : le voyageur n'a plus qu'un seul titre de transport, ce qui constitue un progrès important dans l'usage des transports en commun.

Pour assurer une équité financière des déplacements, un système de zones avec progression tarifaire cohérente est parfaitement adapté.

L'interconnexion des réseaux favorise donc l'intermodalité mais cette dernière ne peut pas être seulement réduite à une question de coordination des horaires ou d'installation des arrêts. Elle contribue aussi à fédérer (en termes de politique de déplacements) un territoire autour d'un projet commun.

1.3.2. Le tram-train, élément de structuration de l'espace

Ce système, d'une part, améliore l'accessibilité pour des liaisons centre / périphéries et périphéries / périphéries, d'autre part, agit sur la structuration des espaces périurbains en favorisant l'accessibilité et la mobilité.

Desservis dans chaque sens de circulation bien plus fréquemment que par un service de trains classiques, les arrêts, les gares et les haltes peuvent devenir des points d'attrait et des lieux de vie, générant même, dans les quartiers situés dans leur zone d'influence, une nouvelle dynamique en termes d'emplois.

Les abords des gares, des arrêts sont susceptibles de connaître un développement urbain, leurs aménagements doivent être soigneusement étudiés.

Pour que le tram-train soit efficace, la politique de transport doit favoriser l'intermodalité aux pôles d'échanges, leurs aménagements sont impératifs pour accroître l'efficacité du transport public.

L'ensemble des éléments agissant en faveur de l'attractivité du réseau (Chapitre 3 paragraphe 2.5) doit donc être pris en compte.

---

[36] Modèle de la carte Orange comme elle existe dans la région parisienne depuis 1975

1.4. Un investissement moindre

L'interconnexion a également un impact sur le coût de réalisation d'une nouvelle ligne. Cette solution a l'avantage de ne pas contraindre à la construction d'une nouvelle infrastructure là où l'espace libre est déjà rare. Elle est économe financièrement puisqu'elle ne nécessite que des aménagements ponctuels et évite la construction complète d'une nouvelle infrastructure. Cette solution contribue enfin à valoriser, par l'exploitation, les infrastructures ferroviaires existantes avant d'en réaliser de nouvelles.

En réutilisant des infrastructures existantes, moyennant quelques aménagements (nouvelles stations, rénovation de l'existant) et quelques nouvelles sections de voie, la création d'un réseau périurbain tram-train se révèle financièrement avantageux. Cela conduit à des économies d'échelles, puisque selon certaines estimations (il s'agit d'un ordre de grandeur), un kilomètre de voie de tram-train revient entre 5 et 7 millions €, contre 18 millions € pour un kilomètre de voie de tramway urbain et 90 millions € pour un kilomètre de voie de métro ou RER. Ainsi, à investissement égal, pour le prix d'un kilomètre de voie RER, il est possible de faire entre 13 et 18 km de voie tram-train.

Les coûts d'exploitation ne sont pas plus élevés que pour un tramway urbain. L'exploitant doit certes payer un péage à RFF (qui loue les sillons) pour circuler sur ses voies, mais cela permet d'assurer la maintenance de l'infrastructure qui n'est plus réalisée par l'autorité organisatrice comme pour un tramway urbain. Au final, la collectivité finance l'investissement, le coût du péage payé au propriétaire des infrastructures contribue à financer l'entretien des voies ferrées du réseau.

2. UN TRAM-TRAIN DANS LA VALLEE DU GRESIVAUDAN

Les PDU de 1987 et 2000 ont permis la poursuite et l'extension du réseau de tramway sur l'Agglomération Grenobloise. Celui de 2006-2013 s'inscrit dans la même dynamique.

Le schéma directeur voté en 2000 planifie les questions de transport au sein de la Région Urbaine Grenobloise (RUG).

Après avoir analysé la périurbanisation dans le secteur Grésivaudan (Chapitre 1 et Chapitre 2) et les dysfonctionnements qu'elle engendre dans les déplacements (Chapitre 3 paragraphe 1), la constitution progressive d'un réseau de tramway sur l'agglomération grenobloise nous amène à étudier la mise en place d'un tram-train dans la RUG.

2.1. Le Plan de Déplacement Urbain

Le PDU de 1987[37] à permis de poursuivre le développement du réseau de tramway moderne avec l'extension de la première ligne (ligne A) et la réalisation d'une seconde ligne Grenoble Gare - Hôpital - Domaine Universitaire (ligne B) (Figure 1-4). Dans le même temps les grandes infrastructures routières ont été développées.

Celui de 2000[38] prend en compte l'évolution des relations de déplacements entre l'Agglomération Grenobloise et ses zones périphériques. Or le PDU concerne les 23 communes constituant le SMTC. A ce titre, ce dernier (qui organise les transports urbains) ne peut pas organiser des dessertes au-delà de son périmètre d'autorité. Il tend néanmoins à assurer la desserte de l'ensemble de son périmètre de compétence avec des transports en commun en site propre comme le montre l'extension en 2006 de la ligne B de tramway en direction de la gare SNCF de Gières.

Ce faisant, la desserte de cette gare a rendu plus concrète les possibilités d'interconnexion avec le réseau ferré de RFF et donne ainsi la possibilité de desservir la vallée du Grésivaudan.

En même temps que l'extension de la ligne B, la création de deux lignes a été menée :

- la réalisation d'une troisième ligne est-ouest entre Seyssins et le Domaine Universitaire de Saint Martin d'Hères (ligne C),
- la construction en cours de la ligne D (interne à Saint Martin d'Hères, dans un premier temps).

D'autres extensions sont prévues pour les cinq années à venir (2010), elles ont pour but de renforcer le réseau de tramway (les tracés n'étant pas définitifs les cartes du futur réseau ne sont pas encore disponibles) :

- le prolongement de la seconde ligne en direction du Nord (desserte du pôle scientifique de la presqu'île),
- le prolongement de la ligne A au Canton à Pont de Claix. L'interconnexion à la voie ferrée est envisageable,
- le prolongement de la ligne A à Sassenage,
- Le prolongement de la ligne D en direction de Meylan d'un côté et de Grand Place (Echirolles) de l'autre.

---

[37] PDU de l'agglomération grenobloise
[38] *ibid*

Le développement du réseau tramway a comme objectif de multiplier les destinations au sein de l'agglomération. On voit bien qu'en cas d'interconnexion avec le réseau ferré les destinations entre les secteurs Agglomération et Grésivaudan seront également démultipliées.

Le réseau de tramway se renforce dans toutes les directions, il est même fait mention d'une interconnexion avec la voie ferrée SNCF à Pont de Claix pour mettre en place un réseau de tram-train vers le sud. Il s'agit de « faire du réseau ferré la colonne vertébrale des déplacements en transports en commun (…) pour accueillir à terme des systèmes de transport de type tram-train »[39].

On note également que la desserte tramway de Meylan est envisagée. Cette partie du territoire est encore ignorée des axes des transports en commun en site propre alors que le pôle d'innovation de la ZIRST de Meylan appartient au périmètre du PDU. Un tramway sur cette commune ne permettrait ni de desservir la partie Bonimontaine[40] de la ZIRST ni le pôle Crolles 2. Le problème reste finalement entier pour le reste de la vallée du Grésivaudan à moins d'étendre le périmètre du PDU vers les communes localisées au-delà des limites actuelles.

L'extension de la ligne B vers la gare de Gières offre une possibilité d'interconnexion entre les réseaux ferrés urbain et national. Une desserte tram-train pénétrant le périurbain par la rive gauche, associée à des aménagements pour desservir la rive droite (décrochages vers Montbonnot Saint Martin, Crolles par exemple), serait complémentaire du service TER existant dans la vallée du Grésivaudan. Cette solution aurait l'avantage d'irriguer sans rupture de charge le centre-ville, le passage par la gare de Grenoble n'étant plus une obligation.

Le développement de la périurbanisation dans la vallée du Grésivaudan ces trente dernières années (chapitre 1) nous rappelle que l'enjeu des déplacements ne se positionne plus seulement dans les limites du PDU de l'agglomération (23 communes), mais dans le périmètre plus large du Schéma Directeur voté en 2000 qui institue la Région Urbaine Grenobloise. Un tram-train dans la vallée du Grésivaudan pourrait être réalisé dans ce cadre institutionnel.

2.2. Le Schéma Directeur de la Région Urbaine Grenobloise

Dans le contexte de la périurbanisation, la continuité des actions dans le domaine des déplacements et des transports en commun est pertinente à l'échelle de la RUG.

---

[39] Schéma directeur de la RUG 2000 p. 67

[40] Montbonnot Saint Martin

Dans le schéma directeur, le volet des déplacements est important et se trouve articulé avec le PDU de l'agglomération. Outre les aspects du développement du réseau routier, il prévoit dans le domaine des transports en commun l'étude de l'extension du réseau de tramway ainsi que l'hypothèse d'un tram-train déjà évoqué dans le PDU. Nous rappelons ici quelques points concernant l'articulation des transports entre les secteurs Agglomération et Grésivaudan :

- le prolongement de la ligne D au sud de l'agglomération et au nord-est vers Meylan par une traversée de l'Isère,
- la possibilité de l'extension de la ligne B au Fontanil via Saint Egrève (ou la création d'une nouvelle ligne E, voire les deux),
- une réflexion spécifique sur l'intérêt à terme d'une connexion de l'axe est-ouest avec les infrastructures ferroviaires, de manière à prendre en compte dès la construction la possibilité pour un tramway d'interconnexion (tram-train) de circuler sur l'axe est-ouest. L'interconnexion des voies nécessite des aménagements spécifiques comme l'électrification de la voie ferrée[41] entre Gières et Montmélian.

A plus long terme, l'interconnexion entre le réseau urbain et national permet d'envisager des évolutions intéressantes avec la possibilité de multiplier les connexions et d'offrir des liaisons centre-ville / périurbain et périurbain / périurbain depuis toutes les branches du réseau.

Un réseau de tram-train peut concerner les trois vallées autour de Grenoble. Celui desservant la vallée du Grésivaudan semble le plus simple à réaliser techniquement (indépendamment de l'électrification de la ligne RFF à partir de Gières, qui est indispensable dans tous les cas). Des éléments de constitution d'un réseau de tram-train sont évoqués dans le Schéma Directeur et le PDU mais ces deux documents ne sont que des outils d'organisation et de planification.

Le réseau de tram-train tel qu'il est imaginé prévoit la desserte des trois vallées. Il s'apparente ainsi pour beaucoup au réseau de tramway qui existait il y a encore 60 ans ! En particulier celui de la vallée du Grésivaudan.

Même si cela sort quelque peu du cadre de ce travail, il paraissait important de rappeler l'existence d'un vaste réseau de tramway urbain à Grenoble jusqu'en 1952.

Le retour du tramway moderne urbain en 1987 et les effets qu'il a engendré en terme de structuration de l'espace au sein même de l'agglomération, expliquent sans doute pour une

[41] Schéma directeur de la RUG p. 49

large part les discussions des urbanistes et des aménageurs sur le tram-train comme outil permettant de freiner ou au contraire d'accompagner la périurbanisation de l'Agglomération Grenobloise.

2.3. Les tramways grenoblois jusqu'en 1952

La ville a été parcourue de plusieurs réseaux de tramways à voies métriques, circulant dans son centre. On peut distinguer le réseau urbain et le réseau suburbain[42].

2.3.1. Le réseau urbain

Plusieurs exploitants ont eu en charge le réseau urbain de tramway. Le premier réseau de tramway électrique urbain a été mis en service le 17 avril 1897 et a était exploité principalement par La Société Grenobloise de Tramway Electrique (SGTE). La ligne Grenoble - Veurey exploitée initialement par la société des Chemins de Fer Economiques du Nord (CEN) sera reprise par la SGTE en 1902. Le réseau s'est développé entre 1900 et 1911, année de la dernière extension.

La Figure 4-6 présente une partie du réseau ferrée au XIXème siècle. Le réseau de tramway était étendu (en pointillé bleu). Il ne subsiste aujourd'hui dans les secteurs Agglomération et Grésivaudan que la voie ferrée à écartement normal de RFF.

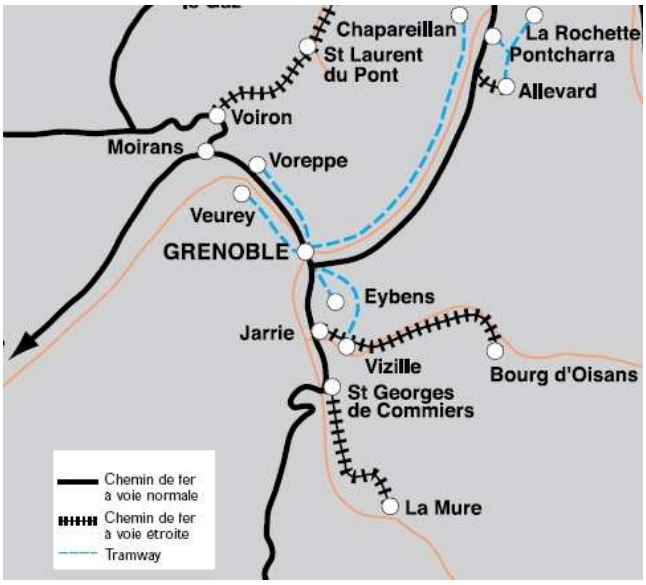


Figure 4-6. Extrait du réseau ferré au XIXème siècle (source : Schéma Directeur RUG)

Les dessertes étaient nombreuses et s'orientaient dans toutes directions :

[42] http://www.trans.com/standard216/dossiers/histoire_transport_grenoble_1.html

- Grenoble à Seyssins (1911). Cette ligne constituera la première section du tramway Grenoble Villard de Lans (GVL).
- Grenoble à Cimetière Saint Roch (1900).
- Grenoble à Veurey Voroize via Sassenage (1902).
- Grenoble Gare à Place Grenette (1900).
- Grenoble Place Grenette à La Tronche (1900). Elle sera prolongée jusqu'à Grenoble Gare (1900).
- Tramway du Cours Berriat (1901).
- Grenoble à Voreppe / La Monta (1900).
- Grenoble à Eybens (1897).

Les arrêts sont stabilisés en 1923, on compte alors 103,33 km de lignes. Le réseau ne connaîtra dès lors plus de modification jusqu'à la suppression définitive du trafic voyageur le 1er octobre 1952. Le service marchandises sera maintenu jusqu'en en 1964. Les voies sont démantelées et les tracés sont parcourus par des trolleybus et des autobus. Le tramway urbain refera surface à Grenoble en 1987, et compte actuellement 35 km de voies tramway.

2.3.2. Le réseau suburbain

Le réseau suburbain a été exploité par des compagnies privées distinctes :

- la Société des Voies Ferrées du Dauphiné SVFD qui deviendra en 1922 la régie départementale des VFD.
- la ligne de Tramway Grenoble Chapareillan (TGC) rachetée en 1931 par le département et intégrée au réseau VFD.

L'ensemble des lignes a desservi la vallée de l'Isère, Bourg-d'Oisans et la région de Villard-de-Lans, le nord et l'ouest du département, avec un total de l'ordre de 900 Km de voies.

Les liaisons tramways étaient étendues[43] et certaines lignes empruntaient les sections urbaines :

- Jarrie au Bourg-d'Oisans (1894),
- Grenoble à Vizille via Gières et Uriage (1894),
- Grenoble à Domène (1898) - Lancey (1908) - Brignoud (1913) - Froges (1914),
- Tramway Grenoble Chapareillan (TGC) : Grenoble à Crolles (1899) - Le Touvet (1900) - Chapareillan (1900),

[43] http://snotag.free.fr/histoire_reseau/histoire_lignes/

- Grenoble à Varces (1897) puis Vif (1907) - Genevrey (1923) - Les Saillants (1933) / Antenne de Claix (1897),
- Grenoble à Villard-de-Lans (GVL) en 1920 via Seyssins,

L'exploitation commerciale de ces lignes prendra fin entre 1947 et 1951.

A une époque où l'essor de l'automobile était encore loin, la desserte de la moyenne vallée du Grésivaudan était réalisée par deux lignes de tramways. La ligne Grenoble – Chapareillan qui desservait la rive droite tandis que la rive gauche était desservie par la ligne Grenoble – Froges.

Après avoir démantelé les voies de tramway (métriques) la question se pose quelque cinquante ans plus tard de la desserte par les transports en commun de ces espaces devenus périurbains. Le TGC mérite que l'on s'intéresse à lui. Desservant la rive droite il réglerait bon nombre des problèmes actuels de déplacements.

2.3.3. Le Tramway Grenoble Chapareillan

L'ouverture de cette ligne (Figure 4-7) a été progressive (ALLEMAND, 1985).

Mise en service le 23 décembre 1899 entre Grenoble et Crolles la ligne est prolongée jusqu'au Touvet le 6 janvier 1900. Le 15 mars 1900, elle est ouverte dans son intégralité jusqu'à Chapareillan. De nouvelles stations et haltes sont ouvertes suite à des pétitions demandant des arrêts supplémentaires durant le printemps et l'été 1903 : Saint Mury, Bernin Village, Crolles Village, La Conche, Pont de Boissieu et Le Fayet.

Deux nouvelles haltes sont créées le 7 décembre 1904 : Lumbin Village et Pont de Bresson, les arrêts La Mure et Chonas sont créés à La Terrasse le 21 novembre 1925. L'arrêt Saint Vincent est créé, dans le village de Saint Vincent de Mercuze le 26 février 1926.

L'âge d'or de l'intégralité de la ligne du TGC est de courte durée. Racheté par le département, elle est intégrée au réseau de la Régie des VFD le 1er janvier 1931 et connaît la fermeture de ses tronçons peu de temps après.

Le 15 mai 1933, la section Le Touvet Chapareillan est définitivement fermée aux voyageurs. Le tramway est remplacé par des cars assurant depuis Grenoble le trajet vers Chapareillan. La section Saint Ismier - Le Touvet est fermée au trafic voyageur le 1er mai 1937 et le 15 septembre 1937 c'est le tour de la section Montbonnot Saint Ismier.

Le 9 décembre 1946, la décision est prise de fermer la section Meylan les Aiguinards Montbonnot et la ligne est définitivement arrêtée le 1er novembre 1947.

Longue de 47 km, la ligne aura fonctionné de 1899 à 1947 et aura desservi de nombreuses communes de la rive droite avec des arrêts obligatoires ou facultatifs.

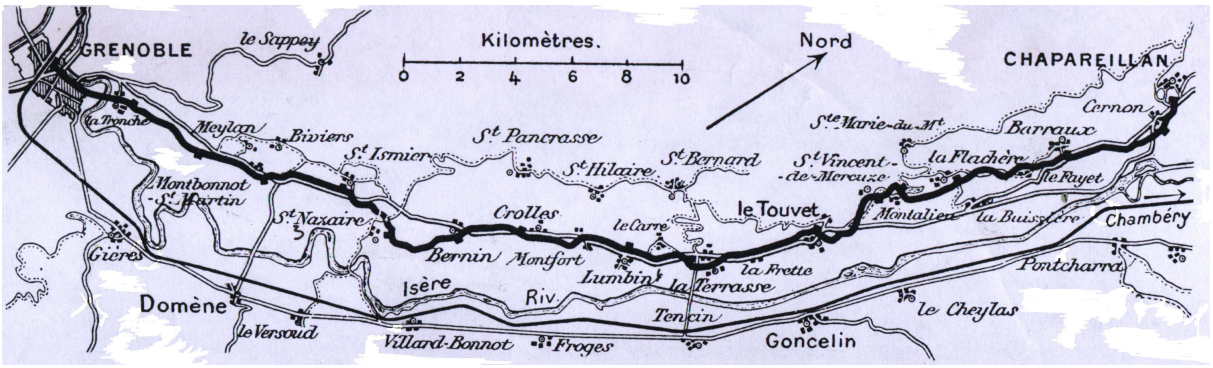


Figure 4-7. La ligne du TGC (ALLEMAND, 1985)

L'histoire du TGC est à l'image de l'ensemble des réseaux de tramway de Grenoble mais aussi en France. Leur disparition progressive va de pair avec l'essor du trafic automobile, la concurrence sur les même lignes des services de cars et enfin la volonté politique de faire entrer la France dans l'ère de la modernité en développant l'usage de la voiture individuelle.

On voit depuis quelques décennies les limites d'un tel modèle basé sur « le tout automobile ». Cependant, gardons à l'esprit que ce qui est arrivé avec le tramway n'est pas une exception historique dans le « cycle de vie » des modes de transports, c'est même la norme ! La voie d'eau a été remplacée par le chemin de fer, lui-même supplanté par la route, « tel surtout mieux que les techniques précédentes, on cherche à couvrir le territoire avec ce mode pour assurer la meilleure desserte possible de l'espace » (PLASSARD, 2004).

Le plus grand regret que l'on puisse avoir sur cette période n'est pas tant le développement de l'automobile que le démantèlement systématique des voies et l'abandon des emprises du tramway (TROIN, 1995, p. 25) « *Lorsque les terrains correspondant à ces emprises ont été cédés à d'autres utilisateurs – publics ou privés – tout renforcement ou toute souplesse accrue de l'exploitation dans l'avenir, si le trafic venait à augmenter, sont désormais impossibles.* » Au moment ou les villes françaises démantelaient leurs réseaux, d'autres pays européens comme l'Allemagne ou la Suisse choisirent au contraire à cette même époque de les moderniser (quitte à passer de l'écartement métrique à l'écartement standard).

Le texte suivant est un extrait d'un cours de chemin de fer. Destiné aux ingénieurs qui construisent des voies ferrées, il est d'une justesse et d'une portée que l'on aurait bien voulu lui voir appliquer aux réseaux de tramways français.

« Un chemin de fer est un outil de transport dont il faut proportionner l'importance au travail à produire, mais c'est un outil qui coûte cher et qui dure. Il faut donc, autant que possible, l'établir dans de telles conditions que par des additions successives on puisse lui faire produire un travail plus grand sans avoir à le remplacer. L'ingénieur ne doit jamais dans ses études perdre de vue cette idée des extensions possibles. La plupart du temps, on peut, sans dépense supplémentaire ou tout au moins avec une dépense supplémentaire faible, réserver complètement l'avenir, alors que, faute d'une étude suffisante, on peut créer un obstacle insurmontable à des extensions presque inévitables dans l'avenir (Cours de chemin de fer, page 14) » (PLASSARD, 2004).

Maintenir les anciens réseaux de tramways urbains et suburbains en les modernisant et en les transformant aurait rendu de grands services.

Après quarante ans d'absence, le tramway revient à Grenoble. En 1987, Grenoble sera après Nantes la deuxième ville de France à se lancer dans l'aventure du tramway moderne[44].

Le tramway sera-t-il réintroduit aussi sous la forme d'un tram-train dans les secteurs périurbains ? Le schéma directeur et le PDU l'envisagent mais de nombreux problèmes restent encore à résoudre.

[44] Ce retour est incontestablement lié à l'action de quelques passionnés des transports regroupés au sein de l'Association pour le Développement des Transports en Commun (ADTC) (BOUHET, 1984).

CHAPITRE 5.
LE TRAM-TRAIN DE KARLSRUHE

Les premières réflexions portant sur l'interconnexion des réseaux ferroviaires urbains et régionaux à Karlsruhe, en Allemagne, datent des années 1960. Les interconnexions avec le réseau ferroviaire régional concernent dans un premier temps des voies désaffectées. Il faut attendre le début des années 1990 pour voir la mise en place d'une véritable mixité de circulation sur le réseau interconnecté de voies ferrées urbaines et nationales.

Cette nouveauté dans les transports en commun en site propre s'est accompagnée de travaux importants. Des accords entre les différentes autorités organisatrices de transports et les propriétaires des infrastructures et des moyens de transport ont été nécessaires.

Nous présenterons, dans un premier temps, l'évolution du réseau de tram-train de ces débuts à nos jours, puis nous verrons les éléments d'exploitation concourant à la réussite du système.

1. CARACTERISTIQUES DE LA REGION

Karlsruhe est une ville située en Allemagne, dans le Land de Baden-Württemberg à une quinzaine de kilomètres de la frontière franco-allemande.

1.1. Le Land de Baden-Württemberg

Sa superficie est de 35 751 km² pour une population de plus de 10,7 millions d'habitants en 2004[45] (densité = 300 habitants/km²). Il est, par son importance démographique et économique, le troisième Land d'Allemagne.

Ses frontières sont communes avec la France, la Suisse et l'Autriche. En Allemagne même, il est limitrophe avec la Rhénanie-Palatinat, la Hesse et la Bavière (Figure 5-1

).

[45] http://www.statistik.baden-wuerttemberg..de/SRDB/

Figure 5-1. Le Land de Baden-Württemberg[46]

Quatre régions administratives ou circonscriptions (Regierungsbezirke) divisent le Land.

- La région de Fribourg-en-Brisgau,
- La région de Karlsruhe,
- La région de Stuttgart,
- La région de Tübingen.

Stuttgart, capitale économique du Land, est également la ville la plus importante devant Karlsruhe et Fribourg-en-Brisgau.

Indépendamment de ces quatre régions administratives le Land de Baden-Württemberg comporte 12 régions (Regionen) regroupant 35 districts (Landkreis) et 9 municipalités (Stadtkreise).

[46] Source : http://www.ac-grenoble.fr/camille.vernet/camille_vernet/college/page/jumelage/page/carte_baden-w%FCrttemberg.htm

1.2. Karlsruhe

La ville de Karlsruhe, fondée en 1715, est située à 15 km de la frontière française. Complètement détruite durant la Seconde Guerre mondiale, la ville a été reconstruite sur un schéma urbain aéré avec de larges voies rectilignes. Karlsruhe est très importante, que ce soit au niveau économique, technologique (centre de recherche nucléaire, une industrie pétrolière, des industries mécaniques et électriques) et juridique (siège de la Cour Suprême Constitutionnelle et de la Cour d'Appel).

1.2.1. Le développement de la périurbanisation

La périurbanisation, entamée dans les années 1960, s'est traduite par un dépeuplement relatif de la ville de Karlsruhe au profit du Landkreis (Tableau 5-1). La population a crû plus vite dans la périphérie que dans la ville :

POPULATION	Evolution 76/64	Evolution 89/77	Evolution 76/64
Landkreis	**1,26**	**0,53**	**0,85**
Stadtkreis	**-0,04**	**-0,16**	**0,23**

Tableau 5-1. Evolution de la population du Landkreis de Karlsruhe entre 1964 et 2004[47].

- Sur la période 1964-1976, la population du Landkreis a augmenté de 1,26 % par an en moyenne, tandis que celle de la ville de Karlsruhe a connu une croissance négative de l'ordre de 0,04 % par an en moyenne.
- Sur la période 1977-1989, la population du Landkreis a augmenté de 0,53 % par an en moyenne, tandis que celle de la ville de Karlsruhe a connu une croissance négative de l'ordre de 0,16 % par an en moyenne.
- Sur la période 1991-2004, la population du Landkreis a augmenté de 0,83 % par an en moyenne, tandis que celle de la ville de Karlsruhe a connu une croissance de l'ordre de 0,23 % par an en moyenne.

Les villes du Landkreis ont ainsi connu une croissance de la population plus importante que celle de Karlsruhe sur toute la période. C'est au cours des années 1990 que la tendance s'est inversée pour la ville de Karlsruhe, la croissance étant de nouveau positive. C'est au cours de cette décennie que le tram-train fait son apparition. Nous ne sommes pas en mesure de démontrer un lien de cause à effet entre l'arrivée du tram-train et la croissance démographique positive.

[47] http://www.statistik.baden-wuerttemberg..de/SRDB/

La périurbanisation s'est également traduite par une augmentation du trafic automobile entre la ville de Karlsruhe et ses communes périurbaines[48]. Jusqu'au début des années 90, 30 % des automobiles qui engorgeaient le centre-ville venaient de la périphérie voire de la lointaine périphérie[49].

1.2.2. Les solutions de gestion des déplacements

Durant les années 1970 et 1980, la fréquentation du rail régional allemand décline. Ainsi une double tendance se met en place : le nombre de passagers dans les rames de train régional baisse tandis que le trafic automobile augmente. Une des raisons avancées pour expliquer cette évolution est la suivante : les passagers ne souhaitaient pas changer de mode de transport au cours de leur déplacement du périurbain au centre-ville.

Par ailleurs, les relations spatiales dans la région de Karlsruhe (Landkreis de Karlsruhe et la ville de Karlsruhe) se complexifient, la circulation automobile augmente… L'idée de développer un transport en commun périurbain attractif comme alternative au transport individuel motorisé s'impose.

Néanmoins, la difficulté de financer de nouvelles lignes de transport en commun en site propre oblige à considérer le problème sous un angle nouveau : il ne s'agit plus de construire de nouvelles infrastructures mais d'utiliser celles existantes, une connexion entre deux systèmes de transport ferroviaire accompagnée d'une mixité de circulation est réalisée.

En utilisant des véhicules capables de circuler sur deux infrastructures ferroviaires (tramway et train) pour des coûts de réalisation des connexions peu onéreux (par rapport à la constitution d'une nouvelle infrastructure) tout en supprimant un transfert modal (rupture de charge), ces lignes desservent directement le centre-ville de manière attractive et sans rallonger le temps de parcours.

2. LE TRAM-TRAIN : UN MODE EN MUTATION

Les réflexions concernant l'usage des emprises ferroviaires pour la circulation de tramway urbain font partie de l'histoire des transports publics de Karlsruhe. Si les premières interconnexions entre les voies du réseau ferré urbain et national (voies désaffectées) remontent aux années 1960, la mixité de la circulation des véhicules sur les réseaux date du début des années 1990. Il faudra patienter jusqu'en 1992 avec l'ouverture de la liaison Karlsruhe-Bretten.

---

48 http://www.statistik.baden-wuerttemberg..de/SRDB/
49 http://www.gart.org/lettres/2003/jan.htm

La réalisation du tram-train a été grandement facilitée par la conservation et la rénovation du réseau de tramway urbain à la fin des années 50. Le réseau de tramway s'est étendu, s'est modernisé et a évolué tout au long de son histoire.

Les résultats de cette « expérience » (à présent pérenne) montrent l'existence d'une demande latente de la part de la population pour ce genre de service de transports publics.

2.1. Les premiers tram-train

La réussite du système tram-train tient pour beaucoup à la conservation du réseau urbain de tramway après la seconde guerre mondiale et à la sauvegarde de certaines infrastructures ferroviaires (écartement métrique) malgré la fermeture des lignes au trafic voyageur.

2.1.1. Le tramway urbain

Les deux premières lignes de tramway urbain hippomobile ont été mises en service à Karlsruhe le 20 janvier 1877. L'électrification du réseau en 1900 conduit à deux évolutions majeures :

- les véhicules électriques remplacent la traction animale,
- l'extension du réseau jusqu'à la fin des années 1920.

La crise économique des années 30 et la Seconde guerre Mondiale marquent un frein à l'extension du réseau. Il faut attendre 1953 pour voir repartir l'aventure du tramway de Karlsruhe[50]. Cette date marque une double évolution :

- le réseau urbain se développe à nouveau,
- la modification de l'entraxe des voies permet la circulation d'un matériel plus large, au gabarit de 2,40 m au lieu de 2,20 m.

Les travaux accomplis à la fin des années 1970 ont pour but d'optimiser la structure des lignes (suppression des boucles du centre-ville, élargissement de l'entraxe des tronçons non renouvelés pour accueillir les voitures Stadtbahn large de 2,65 m au lieu de 2,40 m).

2.1.2. Les interconnexions des années 1960 : pas de mixité de circulation

L'extension du réseau urbain de tramway est menée de concert avec les premières interconnexions des réseaux réalisées dans les années 1960. Elles prouvent la faisabilité technique des solutions permettant la circulation des tram-trains.

[50] On assiste en France pendant cette période au démantèlement des réseaux de tramway urbain. Les routes remplacent le rail pour permettre la circulation des voitures particulières.

Si les réseaux sont interconnectés, le tram-train circule, pour sa partie extra urbaine, uniquement sur des voies désaffectées de la Deutsche Bahn. Le « tramway sort de la ville », il relie les agglomérations entre elles tout en assurant une desserte fine. Le service est à la fois local et régional mais il n'y a pas encore de mixité de circulation.

La Figure 5-2 présente l'ensemble du réseau tram-train de Karlsruhe de ses débuts en 1960 à nos jours.

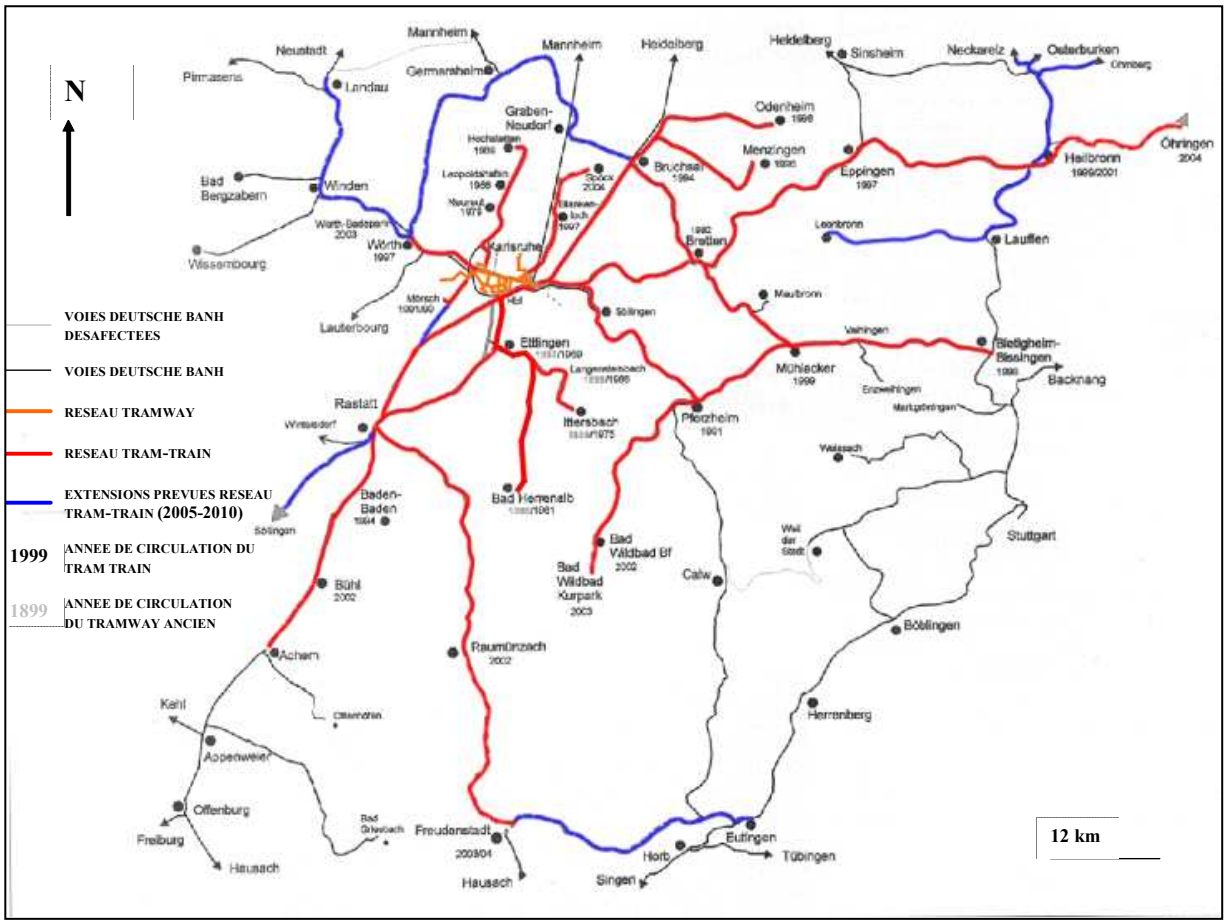


Figure 5-2. Le réseau tram-train de 1960 à nos jours (source TTK)

2.1.2.1. Le sud de Karlsruhe

La liaison tram-train de 1961 entre Karlsruhe et Bad Herrenalb (Figure 5-2) est réalisée en utilisant le chemin de fer de l'Albtalbahn.

La réalisation du tram-train sur ce tronçon est le résultat d'un concours de circonstances, d'une clairvoyance et d'un pragmatisme des autorités et des institutions allemandes. Une présentation rapide de l'histoire de cette ligne est nécessaire.

2.1.2.2. Karlsruhe-Bad Herrenalb

Construit à voie métrique en 1898, le chemin de fer de l'Albtalbahn est racheté, suite à une faillite en 1931, par la Deutsche Eisenbahn Betriebsgesellschaft (DEBG). La voie ferrée manque de disparaître au lendemain de la seconde guerre mondiale (manque d'entretien, étroitesse de la voie nécessitant la pose d'un troisième rail pour l'exploitation en voie normale). En effet, le démantèlement est envisagé au profit d'une route, mais c'est finalement sa reconstruction à écartement standard (1,437 mètres) qui est retenue. La reconstruction est accompagnée d'un raccordement aux voies de la Deutsche Bahn (DB). Son exploitation est identique à celle du réseau de tramway urbain.

Reconstruite également de Karlsruhe à Bad Herrenalb (Figure 5-2) entre 1958 et 1961, la voie répond aujourd'hui aux normes EBO des chemins de fer (règlement pour la construction et l'exploitation des chemins de fer) sur toute sa longueur. Elle est connectée au réseau urbain, 27 arrêts sont desservis et les tram-trains circulent à 80 km/h.

Par la suite, des travaux visant à accueillir le tram-train sont réalisés sur d'autres branches de cette voie.

2.1.2.3. Karlsruhe-Ittersbach

En 1966, une nouvelle branche s'ouvre à la circulation du tram-train (il s'agit plutôt d'un tramway péri-urbain) sur la ligne Karlsruhe-Bad Herrenalb en direction de Langensteinbach depuis Busenbach. Les normes appliquées sont celles de l'EBO.

En 1975, le réseau tram-train se prolonge sur la deuxième branche. La section à voie unique entre Langensteinbach-Ittersbach longue de 8,9 km, desservant 3 gares et 2 points d'arrêt, est remise en service pour un coût de 16,5 millions de DM (8,2 M€) réparti comme suit :

- 7,5 millions DM (3,6 M€) par l'Etat,
- 3,2 millions DM (1,3 M€) par le Land Baden Württemberg,
- 1,8 millions DM (0,9 M€) par le Landkreis Karlsruhe,
- 2 millions DM (1 M€) par la commune de Karlsbad,
- 2 millions DM (1 M€) par l'AVG.

La prise en charge des travaux a ainsi concerné l'ensemble des acteurs institutionnels. La voie a été rénovée et son itinéraire modifié pour tenir compte du souhait de desserte de la commune de Spielberg (2 500 habitants) distante de 2 km de l'ancien chemin de fer.

La fréquentation de la ligne Karlsruhe-Ittersbach :

Les voies reliant Karlsruhe à Bad Herrenalb et Karlsruhe à Ittersbach ont connu de nombreux travaux d'amélioration qui ont permis :

- de réduire les temps de parcours (49 min en tram-train contre 61 min en bus pour les liaisons Karlsruhe Bad Herrenalb et Karlsruhe Ittersbach,
- d'accroître les vitesses maximales,
- d'augmenter la fréquence de passage. Karlsruhe Ittersbach toutes les 15 min, Karlsruhe Bad Herrenalb toutes les 30 min,
- d'accroître la fréquentation à 2 850 voyageurs par jour ouvrable contre 2 200 voyageurs en bus.

Même s'ils sont difficilement quantifiables, il ne faut pas sous estimer l'impact des travaux de nature qualitative dans l'accroissement de la clientèle (ou du moins dans la fidélisation d'une clientèle existante). Ces aménagements à la marge font toute la différence.

Le tram-train circule pour la première fois au début des années 1960. Dès lors, d'autres projets sont étudiés mais il faut attendre le milieu des années 1970 pour voir fonctionner le tram-train au nord de Karlsruhe.

2.1.2.4. Le chemin de fer Hardtbabn (appelé aussi Nordbabn)

Lors de la suppression de la desserte ferroviaire vers Neureut (très proche banlieue de Karlsruhe) par la DB en 1967, la voie n'a pas été démantelée sur la demande de la ville de Karlsruhe. Ce choix s'avérera particulièrement judicieux pour l'avenir.

2.1.2.5. Le tronçon Nordweststadt-Neureut (1979)

A partir de 1967, Neureut (14 000 habitants à cette date) est desservie par bus. Le temps de parcours atteint 28 minutes et une correspondance avec le réseau de tramway est organisée à Entenfang. Les premières réflexions visant à l'amélioration du service ont porté sur le prolongement jusqu'à Neureut de la voie de tramway construite en 1975 de Molkestrasse à Nordweststadt. Trop coûteux, ce projet est abandonné.

La solution finalement retenue pour desservir le nord de Karlsruhe est l'utilisation de la voie ferrée de la DB, fermée au trafic voyageur en 1967 mais pas à la circulation de fret. Cette voie relie Karlsruhe à Leopoldshafen en traversant le centre de Neureut (Figure 5-2).

Bien moins onéreuse que la construction d'une nouvelle voie de tramway, cette solution nécessite cependant d'importants travaux d'aménagement pour la mise en service de la ligne en octobre 1979 :

- l'électrification de la voie DB à la tension des tramways (750 V continu),
- l'utilisation de la norme EBO (chemins de fer) pour le règlement d'exploitation de la voie, des quais, des installations de sécurité et des passages à niveaux,
- la construction de 800 mètres de voie double nécessaire à la jonction des deux réseaux,
- l'application de la norme BO-Strab pour la pose des voies sur le tronçon de raccordement des réseaux des tramways,
- la répartition les coûts d'entretien de la voie entre la ville de Karlsruhe et la DB,
- l'acquisition d'un matériel roulant hybride afin de circuler sur les deux réseaux,
- la mise en place d'un double système de sécurité pour les signaux de circulation (un pour la DB et un pour le tram-train),

La fréquentation de la ligne Nordweststadt-Neureut : [51]

Quelques semaines après la mise en service, le nombre de voyageurs par jour atteignait 3 000 contre 1 700 auparavant. Le succès s'explique par :

- la fréquence établie à 20 min dès l'ouverture de la ligne (identique à celle du bus),
- la durée du trajet est ramenée à 18 min (28 min en bus),
- la vitesse commerciale est accrue en passant de 18,4km/h à 22,5 km/h,
- la capacité d'accueil du véhicule est doublée (238 places contre 103 auparavant).

Suite au succès de la ligne, la décision d'un prolongement de la ligne vers Leopoldshafen et Hochstetten est prise en 1982. Le tronçon Neureut-Leopoldshafen est ouvert en 1986, celui de Hochstetten en 1989.

2.1.2.6. Neureut-Leopoldshafen (1986)

La voie a été rachetée à la DB, qui dispose néanmoins d'un droit de passage. De nombreux aménagements et travaux sont nécessaires pour permettre la circulation des tram-train (la norme d'exploitation retenue reste la norme EBO) :

- l'électrification de la voie en 750 V continu,
- la construction d'une portion de voie à l'intérieur de Leopoldshafen pour la desserte du centre-ville,
- la construction d'une ligne à voie unique avec un croisement à double voie, long de 1 km, pour permettre des croisements sans gène,

[51] SYSTRA, « Les tramways de Karlsruhe », juin 1994, pp.40.

- le doublement des voies sur un tronçon de 400 m dans Neureut pour faciliter la circulation.

Les travaux, d'une valeur de 20 millions de DM (10 M€) sont répartis de la manière suivante :

- 60 % par l'Etat Fédéral,
- 25 % par le Land,
- 7,5 % par le Landkreis,
- 7,5 % par la commune d'Eggenstein-Leopoldshafen.

L'extension nécessite également l'acquisition de 4 rames supplémentaires pour une valeur de 8 millions de DM (4 M€) dont le financement est réparti entre :

- la ville de Karlsruhe (50 %),
- le Landkreis (25 %),
- la commune d'Eggenstein Leopoldshafen (25 %).

La fréquentation de la ligne Karlsruhe-Neureut-Leopoldshafen :

L'ouverture de ce prolongement est accompagnée d'une modification de l'exploitation, le système de bus est réorganisé en rabattement sur la ligne de tram-train. La fréquence de passage est de 20 min (10 min en heure de pointe). Les enquêtes et comptages effectués en avril 1987 ont montré que :

- la clientèle des localités d'Eggenstein et Leopoldsbafen a augmenté de 73 % par rapport à la desserte antérieure par bus,
- la clientèle des zones concernées par les rabattements a augmenté de 53 %.

La mise en place d'une politique de transport accompagnant la mise en service de la ligne s'est traduite par un accroissement de la clientèle, une augmentation de la fréquentation.

2.1.2.7. Leopoldshafen-Hochstetten (1989)

Mis en service le 3 juin 1989 (Figure 5-2), ce tronçon long de 4,3 km a été construit hors de toute plate-forme ferroviaire. Le tram-train dessert le centre de recherche nucléaire de Karlsruhe (5 000 emplois à cette époque). Ce dernier a financé, à partir de l'arrêt Frankfürterstr, 15 % de la construction des 600 mètres de voies nécessaires à son raccordement.

La fréquentation de la ligne Karlsruhe-Neureut-Hochstetten :

La ligne est connectée au réseau urbain de tramway mais seuls circulent sur cette voie des tram-train de type Stadtbahn, aptes à rouler à 80 km/h. La ligne, appelée S1, compte 23 arrêts

entre le centre-ville de Karlsruhe (Marktplatz) et le terminus. La ligne est intégralement à double voie de Karlsruhe à Neureut, et à voie unique jusque Hochstetten. Des voies d'évitement ont été aménagées à Eggenstein, Leopoldshafen et Linkenheim pour permettre des croisements (Figure 5-3). Une condition *sine qua non* d'une circulation mixte tram-train / trains repose sur sa capacité à s'insérer dans le trafic ferroviaire sans le gêner pour autant. La création de voie d'évitement est donc primordiale.

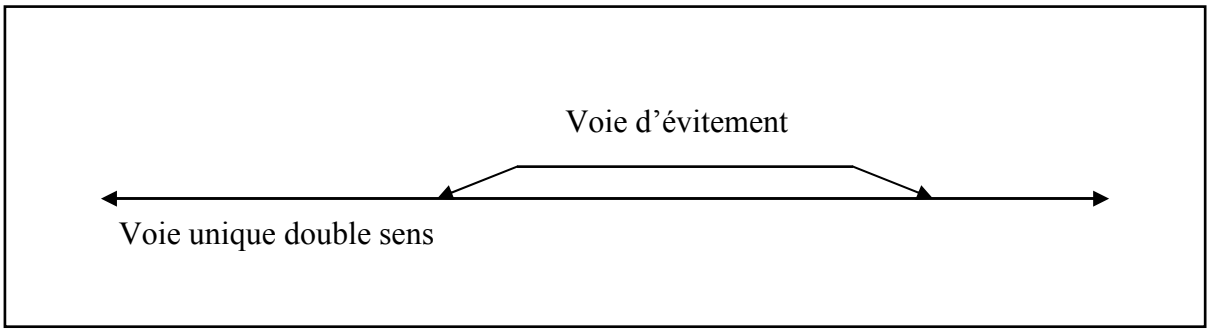


Figure 5-3. Schéma d'une voie d'évitement

On comptabilise sur la ligne 12 000 voyageurs par jour. La fréquence de passage est de 10 min pour Neureut et autant pour Hochstetten (20 min en heure creuse)[52].

L'implantation des lignes de tram-train s'est traduite par un accroissement de la fréquentation. Le service proposé est attractif en raison de la fréquence, de la vitesse commerciale importante et de la qualité de la desserte. Sa réalisation a nécessité des accords, des discussions entre la DB, les exploitants, la ville de Karlsruhe et le Landkreis de Karlsruhe. Les travaux sont répartis entre les différents intervenants.

L'utilisation des voies de la DB s'était, jusqu'alors, limitée à de courts tronçons. Bien que certaines connaissent encore un trafic marchandise réduit, il n'y a pas véritablement de mixité de circulation (il y a des priorités relatives de circulation).

A partir des années 1990, un changement de taille s'opère, il ne s'agit plus de prolonger les lignes de tramway en utilisant les voies de la DB sur lesquelles circule un matériel spécifique, mais au contraire de faire circuler le tram-train sur l'ensemble du réseau ferré de la DB. La mixité de circulation est mise en place. Après un développement marqué sur un axe nord-sud, le réseau tram-train s'étend vers l'ouest.

2.2. Le tram-train avec la mixité de circulation à partir de 1992

Avant 1992, les usagers utilisant la ligne de banlieue de Bretten étaient obligés d'effectuer une correspondance en gare centrale de Karlsruhe avec le tramway pour se rendre

[52] SYSTRA, « Les tramways de Karlsruhe », juin 1994, pp.40.

au centre-ville. Moyennant des aménagements importants sur les voies, cette rupture de charge a été supprimée en interconnectant les deux réseaux à la gare de Karlsruhe. Désormais, les voyageurs de la ligne peuvent rejoindre directement le centre-ville par les voies du tramway urbain sans changer de véhicule.

Première expérience du genre, elle illustre toute la dimension de ce que peut être le tram-train. Cette liaison est primordiale par sa réussite technique, son ampleur et son succès. Elle mérite donc que nous nous y intéressions avec précision. Le développement du réseau à partir de cette date sera considéré plus rapidement.

2.2.1. Karlsruhe-Bretten (1992)

La mise en circulation des tram-trains sur l'axe Karlsruhe-Bretten est le fruit d'une réflexion menée à partir des années 1980. Il faudra attendre le 27 septembre 1992 (Figure 5-2) pour voir le projet se concrétiser.

2.2.1.1. Description de la ligne

Les trains de la DB ont circulé entre les villes de Karlsruhe et Bretten jusqu'au 26/09/1992 (Figure 5-4).

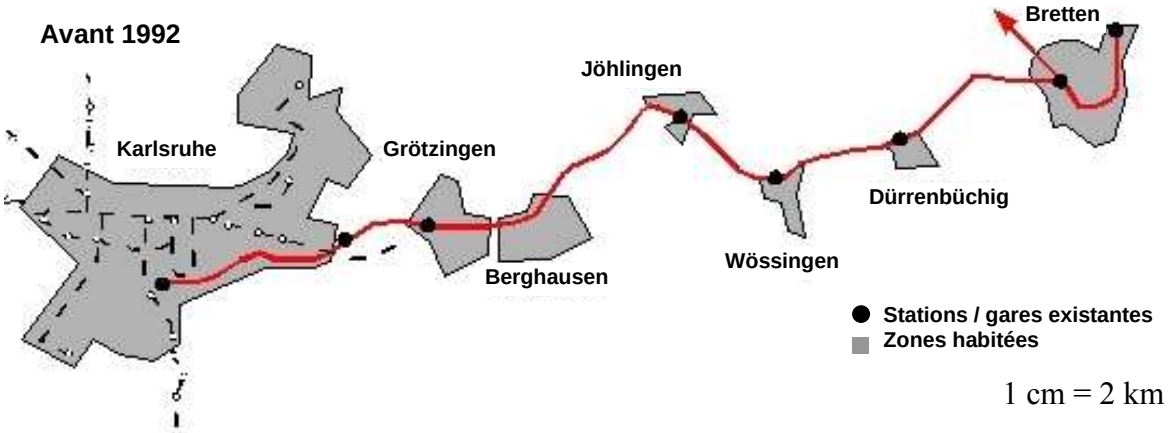


Figure 5-4. Schéma du corridor Karlsruhe-Bretten avant 1992 (source TTK)

Les trains de la DB desservent les quartiers périphériques de Karlsruhe (Durlach, Grötzingen), puis traversent une zone faiblement peuplée, (Jölhingen, Wössingen et Dürrenbüchig) pour arriver à Bretten (Tableau 5-2).

Point kilomètre	Gare DB	Localité (quartier)	Population (1992)
0,0	Karlsruhe	Karlsruhe	
4,7	Durlach	Karlsruhe (Durlach)	10985
7,2	Grötzingen	Karlsruhe (Grötzingen)	9537
		Berghausen	6511
14,5	Rinklingen	Jöhlingen	4356
17,1	Wössingen	Wössingen	3521
20,5	Dürrenbüchig	Dürrenbüchig /	463
		Rinklingen	1875
24,3	Bretten	Bretten	18060
28,0	Gölshausen	Gölshausen	1509
TOTAL			56817

Tableau 5-2. Ligne DB Karlsruhe-Bretten avant 1992 (source Systra)

A compter du 27/09/1992 les tram-trains assurent la liaison Karlsruhe / Bretten et la ligne prend le nom de S4.

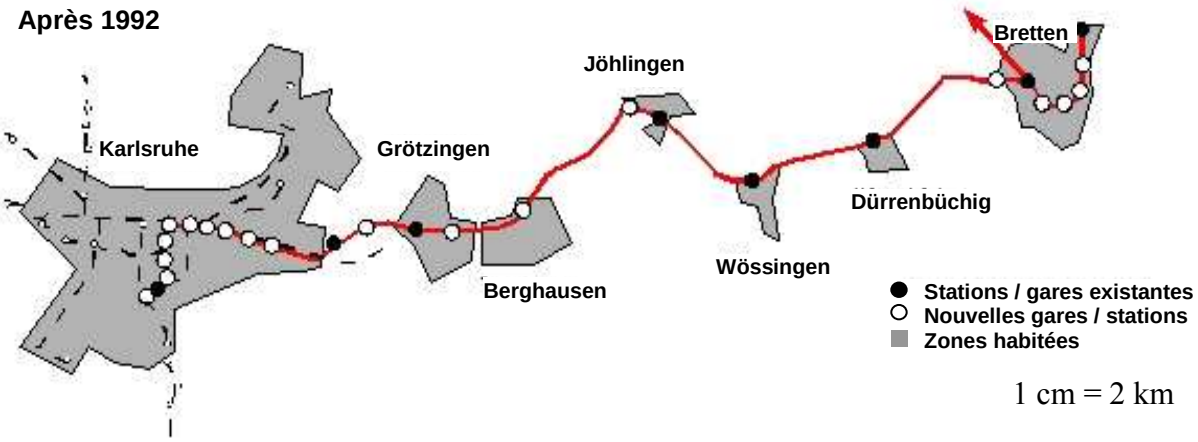


Figure 5-5. Schéma du corridor Karlsruhe-Bretten après 1992 (source TTK)

De nombreux arrêts sont créés dans les communes desservies par le tram-train : Grötzingen, Jöhlingen Bretten (Figure 5-5). Si l'on excepte les quartiers de Karlsruhe (car directement desservis par le réseau urbain), la population concernée par le tram-train s'élève à 36 295 habitants.

Le Tableau 5-3 indique pour chaque localité les arrêts du tram-train (les arrêts nouvellement créés apparaissent en gras).

Point	Arrêts	Gare	Localité	Population (1992)
0,0	Karlsruhe Albtalbahnhof		Karlsruhe	
	Karlsruhe Hauptbahnhof (DB)			
2,8	Marktplatz			
7,4	Durlach Bahnhof	Oui	Karlsruhe (Durlach)	10985
8,3	**Hubstrasse**			
9,2	Grötzingen Bahnhof	Oui	Karlsruhe (Grötzingen)	9537
10,7	**Oberausstrasse**			
12,3	**Hummelberg**		Berghausen	6511
16.6	**Jöhlingen West**		Jöhlingen	4356
17,1	Jöhlingen Bahnhof	Oui		
19,7	Wössingen Bahnhof	Oui	Wössingen	3521
23,1	Dürrenbüchig	Oui	Dürrenbüchig	463
25,5	**Rinklingen**		Rinklingen	1875
27	Bretten Bahnhof	Oui	Bretten	18060
27,8	**Bretten Stadtmitte**			
28,4	**Bretten Wannenweg**			
29,2	**Bretten Schulzentrum**			
30,7	Gölshausen	Oui	Gölshausen	1509
	TOTAL			56817

Tableau 5-3. Ligne tram-train Karlsruhe-Bretten après 1992 (source : Systra)

Les localités de Jöhlingen, Wössingen, Dürrenbüchig et Rinklingen sont faiblement peuplées par rapport aux quartiers périphériques de Karlsruhe et par rapport à la localité de Bretten. Si une gare DB ne se justifie pas sur ces communes, elles disposent dès lors d'une halte. Chaque localité a ainsi vu son nombre d'arrêts augmenter. Avec le lancement du système tram-train, le nombre de gares et de points d'arrêt a été multiplié. Sur la ligne de Bretten, on dénombre ainsi 17 points d'arrêt (hors arrêts tramway dans Karlsruhe) alors qu'il n'y avait que 8 points/gares DB avant la mise en place du tram-train. La distance moyenne entre eux est aujourd'hui de 1,6 km.

Les nouvelles gares ont augmenté l'accessibilité au réseau de transport public. Par exemple, à Bretten, la construction de 5 nouveaux points d'arrêt a permis de réduire le temps moyen d'accès à pied à une gare qui est passé de 15 min à 5 min.

Les nouveaux points d'arrêt sont réalisés comme complément aux gares existantes. En parallèle de ces nouvelles haltes, des travaux visant à améliorer l'accessibilité de l'ensemble des arrêts (nouvelles haltes et gares) sont réalisés.

La combinaison de la densification des points d'arrêt et des courtes sections a mené à une desserte optimisée et à une bonne position des stations par rapport aux quartiers résidentiels. Grâce aux capacités d'accélération et de décélération des véhicules, le nombre de points d'arrêt supplémentaires a pu être augmenté sans augmenter le temps de parcours.

2.2.1.2. Les travaux

Pour l'intégration de ces destinations dans les réseaux, la voie a fait l'objet de nombreux aménagements et d'importants travaux de modernisation :

- la construction d'une double voie électrifiée de Durlach à Grötzingen et le raccordement de celle-ci au réseau de tramway à Durlach. Cette construction était rendue nécessaire du fait de la charge importante des voies DB entre Durlach et Grötzingen,
- l'électrification de la section Grötzingen-Gölshausen selon les normes de la DB,
- les aménagements permettant la création ultérieure d'un nouveau croisement à Jöhlingen,
- l'aménagement des quais des gares, les nouveaux points d'arrêt disposant de quais longs de 120 m,
- la création de 8 arrêts supplémentaires,
- l'amélioration des accès aux gares de Jöhlingen et Wössingen,

Les accords signés en octobre 1988 répartissent les investissements nécessaires pour la réalisation de la ligne tram-train et concernent :

- l'Etat (60 %),
- le Land (25 %),
- la ville de Karlsruhe (4,85 %),
- le Landkreis (5,1 %),
- la commune de Bretten (3,15 %),
- la commune de Walzbachtal (1,9 %), il s'agit des villages Jöhlingen et Wössingen.

2.2.1.3. Le matériel roulant

Le matériel a été développé spécifiquement pour son emploi sur Karlsruhe. Bi-modal, il peut circuler sur le réseau de la DB (15 kV de courant alternatif) et le réseau tramway (750V en courant continu) et est autorisé à circuler selon les deux règlements d'exploitation (BOStrab/EBO). Son poids et ses capacités d'accélération et de décélération ont permis d'augmenter la densité des points d'arrêt sans prolonger le temps de parcours. Afin de réduire le temps d'embarquement des passagers, donc de rendre la durée d'arrêt en station la plus courte et la plus rapide possible, les rames sont équipées de quatre doubles portes. Selon la hauteur des quais (gares, nouveaux points d'arrêt, arrêts tramways urbains) aux arrêts la montée/descente du véhicule nécessite l'utilisation d'une marche escamotable.

La charge financière pour l'acquisition des 10 rames de tram-train bicourant a été partagée entre :

- la ville de Karlsruhe (60 %),
- le Landkreis (21,4 %),
- la commune de Bretten (12,7 %),
- la commune de Walzbachtal (5,9 %).

Les rames de la ligne Karlsruhe-Bretten ont circulé, à partir du 2 juin 1991, sur la ligne de Karlsruhe-Pforzheim, en remplacement des trains de la DB.

La fréquentation de la liaison Karlsruhe-Pfinztal sur la ligne Karlsruhe-Pforzheim passe de 4 000 voyageurs par jour à 14 000 voyageurs par jour[53] avec ce nouveau service.

2.2.1.4. L'intermodalité

L'arrivée du tram-train s'est accompagnée d'aménagements favorisant l'intermodalité, les gares ont été rénovées et les nouveaux arrêts munis d'équipements. Le standard minimum prévoit un point d'attente et d'information couvert (transparent pour diminuer le sentiment d'insécurité des voyageurs). L'équipement minimum se compose d'un distributeur de billets, d'une horloge et de place pour le stationnement des vélos et des voitures. Les arrêts importants et les gares sont équipés de parking relais. Les stations les plus importantes disposent d'une information dynamique pour les passagers. Les arrêts de bus sont aménagés en vis à vis des arrêts de tram-train, ils sont le plus proche possible des quais, il en est de même pour les places de stationnement des voitures et vélos.

Lorsqu'une ligne de bus dessert une halte tram-train, les arrêts entre les modes sont combinés pour faciliter l'intermodalité. Celle-ci s'est également traduite par une réorganisation du système de transport puisque, pour éviter les dessertes parallèles, le système de transport par bus a été réaménagé.

Les tram-trains circulent à vue sur la partie urbaine c'est à dire entre la gare centrale et la ligne ferroviaire aménagée à Durlach sur l'infrastructure de la DB, le tram-train circule sous le régime du cantonnement. Certains arrêts étant facultatifs sur la portion Durlach – Bretten, la demande d'arrêt doit être commandée en appuyant sur un bouton spécial ayant pour effet d'allumer un signal visible du conducteur.

La réalisation de la ligne tram-train s'est traduite par une baisse de la tarification pour les usagers. Cet élément tarifaire incitatif, en plus de la suppression d'une rupture de charge, a

[53] Source TTK

également contribué à l'augmentation de la fréquentation. La desserte de Bretten a été intégrée dans le système tarifaire de Karlsruhe, provoquant pour le client, une baisse sensible des tarifs. Le coût cumulatif des abonnements mensuels DB sur la liaison Karlsruhe Bretten et du Réseau urbain Karlsruhe revenait à 165 DM (84,5 €) Avec l'intégration de Bretten dans le système tarifaire de Karlsruhe, l'abonnement mensuel revient à 105 DM (53,5 €).

2.2.1.5. La fréquentation de la ligne Karlsruhe-Bretten

La mise en place d'une offre massive s'est traduite par une augmentation de la fréquentation. Trois semaines après la mise en service, plus 8 000 voyageurs empruntent quotidiennement la ligne (alors que les trains de la DB ne transportaient auparavant que 2 200 voyageurs par jour).

Ce quadruplement de la fréquentation est due à :

- l'augmentation de la fréquence. Le nombre de tram-trains partant de Karlsruhe (toutes destinations confondues) ou arrivant sur Karlsruhe (toutes origines confondues) a plus que doublé,
- l'amplitude horaire du service est étendue, elle passe de 5h40 à minuit contre 6h00 à 19h20[54],
- au maintien des temps de trajet sur la portion ferroviaire entre Durlach et Gölshausen. Malgré 8 arrêts supplémentaires, le tram-train ne met que 32 min pour assurer la liaison contre 30 min auparavant pour le train (SYSTRA, 1994). Les caractéristiques techniques du véhicule y contribuent largement.

Une enquête réalisée en 1993 montre que l'augmentation de la fréquentation a également touché le trafic dominical (Tableau 5-4).

Tram-train Karlsruhe-Bretten Evolution du trafic Karlsruhe Gölshausen en nombre de voyageurs par jour (trafic interne à Karlsruhe exclu)			
	Avant le tram-train	Avec le tram-train	Accroissement
Lundi au vendredi	2 200	10 300	+ 368 %
Samedi	750	5 224	+ 597 %
Dimanche	200	3 669	+ 1735 %
TOTAL ANNUEL	533 600	2 555 000	+ 379 %

Tableau 5-4. Résultat des comptages de mars 1993 (source : Systra)

Les comptages réalisés en 1993 sur la ligne indiquent aussi que l'ensemble du trafic de transport en commun est concerné par cette augmentation :

[54] Source : TTK

- 40 % de la clientèle du tramway comptabilisée en 1993 voyageait auparavant en voiture particulière,
- 17 % de la clientèle du tramway comptabilisée en 1993 voyageait auparavant en autobus (importance de l'effet rabattement).

Ainsi, quatre années après le début de l'exploitation de cette ligne par le tram-train, la fréquentation quotidienne est de 16 000 voyageurs par jour. Il s'agit de la ligne tram-train la plus chargée du réseau.

L'interconnexion a montré que les transports en commun pouvaient gagner des parts modales dans les déplacements, mais aussi rationaliser l'offre des transports en commun grâce à la mise en place de lignes de bus rabattues sur les axes ferroviaires interconnectés.

Les raisons de ce succès sont multiples. Elles ont pour origine :

- un accroissement significatif de l'offre,
- une offre de qualité au sens d'une nouvelle offre de transport attractive par rapport à la précédente (un gain de temps malgré une multiplication des arrêts !),
- une desserte « porte à porte » plus directe grâce à la suppression de la correspondance forcée à la gare de Karlsruhe,
- des horaires cadencés,
- la transformation des arrêts en pôles multimodaux (présence de parkings relais).

Des initiatives spécifiques sont venues compléter la modification de l'offre :

- le marketing concernant l'ouverture de la nouvelle ligne (envoi des fiches horaires, publicité, organisation de rencontres culturelles dans les gares les plus grandes…),
- l'adaptation flexible des horaires de circulation du tram-train en fonction d'événements culturels spécifiques.

Bien que les commerçants de détail situés à proximité du centre-ville se soient prononcés contre la circulation du tram-train au centre-ville, comme souvent pour les grands projets de transport publics, on note aujourd'hui que des magasins offrent une réduction aux clients qui utilisent les transports en commun.

2.2.1.6. L'exploitation de la ligne Bretten - Karlsruhe

L'exploitation combinée entre les opérateurs différents a eu des impacts financiers :

- la DB a économisé des rames de banlieue désormais supprimées et perçoit des péages pour la circulation des nouveaux véhicules sur son réseau.

- l'exploitant du réseau urbain bénéficie de l'augmentation des recettes provenant de l'accroissement de la clientèle.

En termes d'exploitation, des ajustements se sont également opérés.

La voie étant la propriété de la DB, celle-ci perçoit un droit d'usage de la part des transports urbains pour la circulation des tramways (le calcul se fait sur la base des sillons). Pour réduire ces coûts de péage, des convois tram-train sont organisés. Plusieurs rames tram-trains sont couplées en unités multiples mais le coût du péage est payé pour un sillon quelle que soit la composition de la rame. Ce gain pour l'exploitant offre aussi une souplesse d'exploitation notamment en heure de pointe.

La ligne est parcourue par des autorails de la DB, qui s'arrêtent aux gares de la DB et, dans certains cas, aux arrêts nouvellement créés (Bretten Stadtmitte et Bretten Schulzentrum).

Malgré la présence d'exploitants différents entre les tramways et les tram-trains, ces derniers sont exploités par du personnel des transports urbains spécialement formés à cette tâche. Le conducteur est le seul agent à bord du véhicule.

Comme la ligne de Bretten s'inscrit dans une logique d'interconnexion à long terme du réseau de tramway et du réseau de la DB, les extensions ont continué tout au long de la décennie 1990.

2.2.2. L'extension du réseau Tram Train

Le réseau tram-train s'est progressivement étendu tout au long de la décennie 90. La décennie 2000 marque la volonté de relier des communes de plus en plus éloignées de Karlsruhe.

2.2.2.1. Les années 1990.

Après le succès de la liaison Karlsruhe Bretten en 1992, on assiste à un développement du réseau à destination des communes les plus proches de Karlsruhe. En 1996, Menzingen est desservie par le tram train via Bruchsal. La fréquentation est passée avec le tram-train de 1 800 à 4 100 voyageurs par jour sur cette ligne.

En 1997, ce sont tour à tour les communes de Wörth et Blanckenloch qui sont intégrées au réseau tram train. En 1998, c'est au tour de la commune d'Odenheim (Figure 5-2). Les communes proches de Karlsruhe sont reliées progressivement au réseau. Le prolongement depuis Bretten vers Bruchsal, débuté en 1994, (Figure 5-2) étend le réseau. L'arrivée du tram-train se traduit par une augmentation de la fréquentation, le nombre de voyageurs par jours passe de 900 à 3 800 entre l'année de mise en service et 1998.

Enfin, des liaisons de longues distances sont mises en place dès 1994 puisque Epingen est relié au réseau via Bretten (Figure 5-2). Le réseau continue de s'étendre au cours des années 2000. La mise en place de nouvelles liaisons se traduit mécaniquement par une progression de la clientèle en raison des fortes densités de population (300 habitants au km² en 2004 dans le Land).

2.2.2.2. Les années 2000

En 1999, le réseau tram-train prend de l'ampleur, il est de plus en plus maillé et couvre des distances plus importantes. Les communes reliées sont situées à l'ouest de Karlsruhe. En 1999, Les communes Mühlacker et Bletlighelm-Bissingen sont reliées à la fois par Bretten et Pforzheim. Hellbronn l'est par Epingen entre 1999 et 2001 (Figure 5-2), cette desserte en tram-train se traduit par un triplement de la fréquentation en trois mois après la mise en service.

En 2002 le réseau s'étend vers le sud de Karlsruhe. Raumünzach est relié via Rastatt. La progression de la fréquentation avec le tram-train est similaire à ce que l'on a pu voir ailleurs. Sur le tronçon Rastatt – Forbach le nombre de voyageurs par jour passe de 2 700 à 7 000. Bad Wildbad Bf est desservie via Pforzheim (Figure 5-2) En 2003 et en 2004 la commune de Bad Wildbad Kurpark au sud est reliée, puis Freudanstadt depuis Raumünzach (Figure 5-2). Enfin en 2004, les communes de Spöck au nord et Ohrïngen à l'est sont desservies par le tram train (Figure 5-2).

A l'heure actuelle, de nombreux projets d'extension du réseau tram train sont étudiés. Ainsi, d'ici quelques années, d'autres communes seront desservies par le tram train. Par ailleurs, d'autres villes du Land souhaitent développer leur réseau de tram-train. Nous pouvons citer les villes de Landau, Graben-Neudorf, Germersheim, Winden au nord-ouest, Sölingen et Eutlingen au sud et enfin à l'est Leonbronn, Osterbrucken et Neckareiz.

La densification et l'amélioration de l'offre de transport ont mené à des accroissements successifs en nombre de passagers. La suppression de nombreuses ruptures de charge en passant du système trains de banlieue au tram-train écourte les temps de parcours et les liaisons directes sont aussi confortables que les parcours en voiture.

2.3. Le réseau tram-train aujourd'hui

Le réseau couvre aujourd'hui l'ensemble du territoire du Landkreis. Certaines lignes permettent des liaisons avec les Landkreis voisins de Pforzheim ou de Rastatt. L'extension du réseau pose quelques problèmes, le tram-train est victime de son succès.

2.3.1. Un réseau étendu

D'une ligne tram-train en 1992, on en compte quinze à l'heure actuelle. La longueur totale du réseau est de 320 km (en sections exploitées) et de 470 km de lignes. Selon que l'on parle de lignes ou de voies ferrées, l'appréciation du réseau tram-train est différente. Cette distinction de taille rend compte de l'accessibilité, de l'intermodalité et de la mixité de circulation sur le réseau.

Au total, le réseau maille le Landkreis de Karlsruhe et s'étend vers d'autres Landkreis puisqu'il dessert la ville de Forbach, en Forêt noire[55].

Dix tramways bi-mode circulaient sur les 25 km de ligne du réseau tram-train en 1992, aujourd'hui il y a plus de 100 véhicules exploités sur le réseau.

En terme tarifaire, il y a aussi des modifications pour accompagner le développement du réseau (billet journalier et billet familial valable sur l'ensemble du réseau KVV…). La tarification est zonale et sept zones sont actuellement répertoriées.

D'une certaine manière le tram-train est victime de son succès. Le passage obligé par le centre-ville et la multiplication de l'offre pose des problèmes de saturation des axes en centre-ville.

2.3.2. Les problèmes de traversée du centre-ville

Avec une fréquence de passage de l'ordre de 50 secondes par sens, la multiplication des rames de tramway et de tram train pose un véritable problème pour la traversée du centre-ville. Ce problème touche la Kaiserstrasse, axe principal est-ouest en centre-ville qui est sans doute la voie piétonne la plus fréquentée d'Allemagne par des tramways. Pour faire face aux accroissements de trafic attendus du développement du réseau, diverses solutions ont été étudiées, de la mise en souterrain totale à une mise en souterrain partielle.

La variante finalement retenue est une variante à deux tunnels à voie unique de 2,9 km de long entre Durlacher Tor et Mülhburger Tor, avec 5 arrêts, soit un de moins qu'en surface. Le tunnel devrait être emprunté, aux heures de pointes seulement, par les seules lignes régionales, les tramways urbains continuant à circuler en surface. En heures creuses, la totalité des circulations devrait continuer à s'effectuer en surface, pour un meilleur confort des voyageurs.

[55] Source TTK

3. LES RAISONS DU SUCCES

3.1. La transformation des correspondances

Le succès du système repose sur la façon novatrice de gérer les correspondances en en supprimant au moins une. Une ligne interconnectée présente beaucoup plus d'opportunités de rabattements par bus, ou par parkings relais, qu'une ligne simplement connectée.

Prenons l'exemple d'un corridor périurbain possédant un axe ferroviaire qui dessert, à moins de 1 000 m des gares, 40 % du potentiel total du corridor. Les 60 % restants sont répartis sur 4 lignes d'autobus desservant chacune 15 % du potentiel total (Figure 5-6).

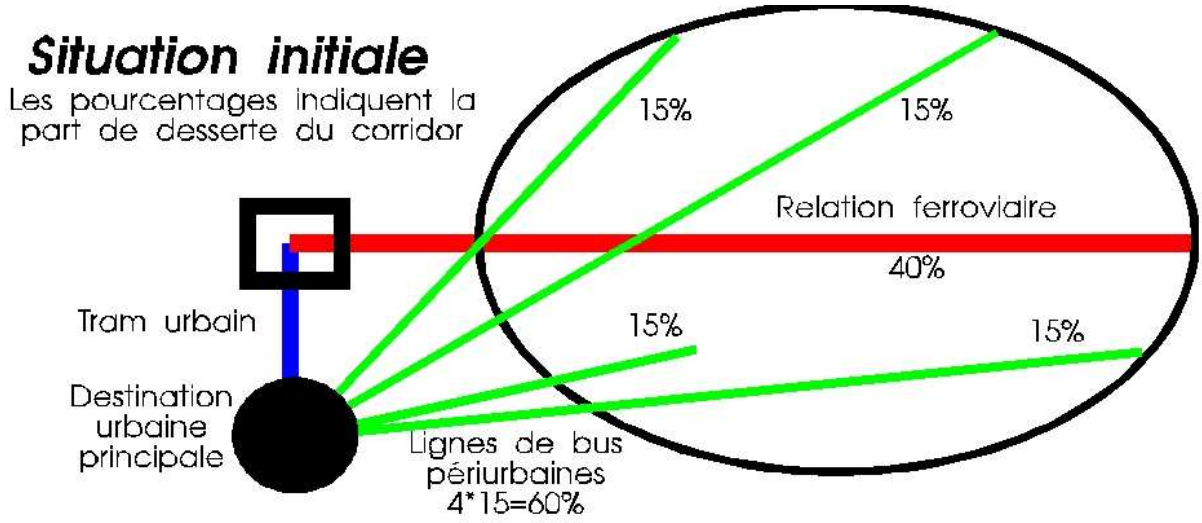


Figure 5-6. Schéma de l'offre sans correspondance (source TTK)

Dans le cas d'une simple connexion entre cet axe ferroviaire et le réseau urbain, le principe de rabattement de ces services d'autobus sur le train est peu attractif : ce principe imposerait un trajet bus-train-tramway à des usagers se rendant en ville, à la place d'un service direct par autobus ! Une telle double correspondance ne peut être justifiée que sur les seules relations où le temps gagné en train compense les pertes de temps et la pénibilité des correspondances, soit une minorité de cas.

Supposons que, du fait de l'amélioration de l'offre ferroviaire, il devienne intéressant de rabattre une des 4 lignes de bus, soit 15 % du potentiel du corridor. Nous avons alors un système ferroviaire connecté qui prend en charge 40+15=55 % du potentiel du corridor, 45 % restant desservis par des relations par autobus directs vers le centre-ville (Figure 5-7).

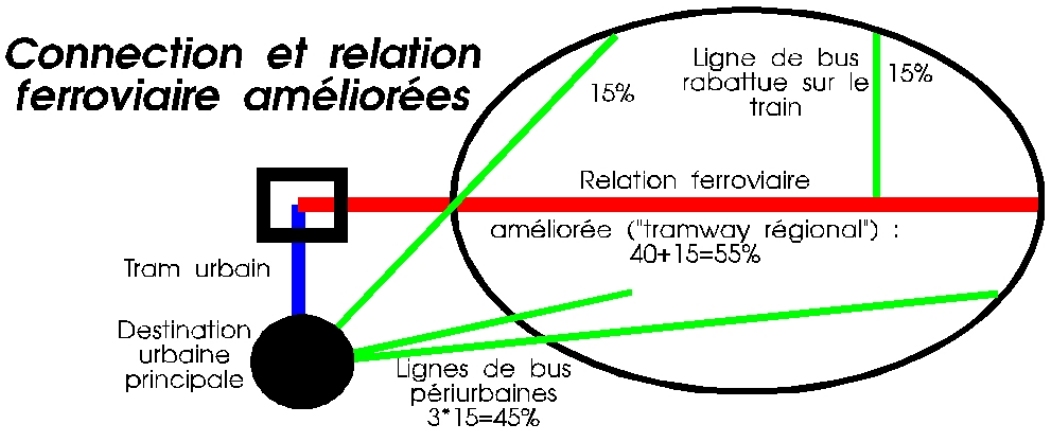


Figure 5-7. Schéma de l'offre avec correspondance améliorée (source TTK)

Dans le cas d'une interconnexion, le principe de rabattement prend une toute autre dimension : le système ferroviaire pénétrant directement au cœur des principales zones de destination des usagers périurbains, il devient beaucoup plus intéressant de rejoindre au plus vite l'axe ferroviaire au moyen du rabattement. En outre, la correspondance entre le système interconnecté et le bus doit être gérée, les horaires peuvent être synchronisés.

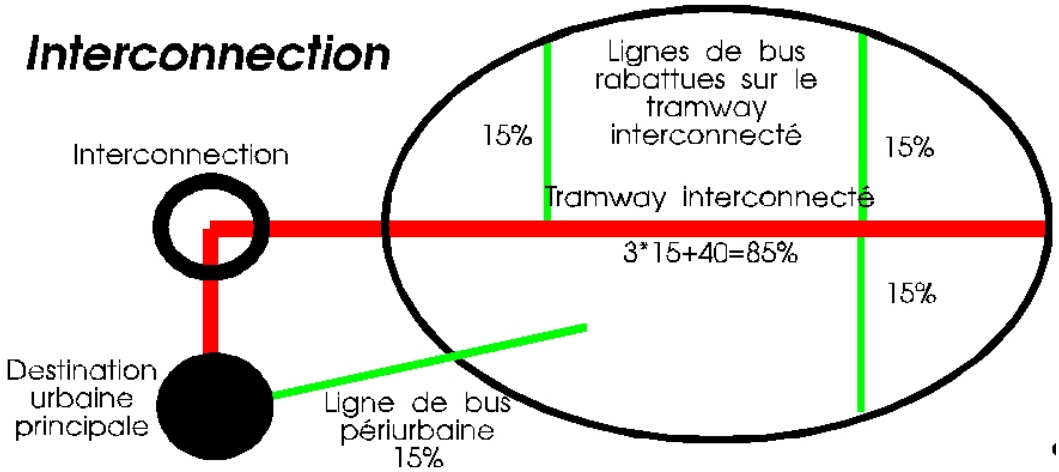


Figure 5-8. Schéma de l'offre interconnectée (source TTK)

On peut supposer que du fait des avantages de l'interconnexion, il apparaisse intéressant de rabattre une majeure partie des lignes de bus du corridor, soit dans notre exemple trois lignes couvrant 45 % du potentiel du corridor (Figure 5-8). Nous avons alors un système ferroviaire interconnecté qui prend en charge 40+45=85 % du potentiel du corridor, 15 % seulement restant desservis par une dernière ligne d'autobus conduisant directement vers le centre-ville.

Les chiffres présentés sont purement illustratifs mais l'ordre de grandeur est réaliste : plus un système ferroviaire joint directement un nombre important de destinations pour lesquelles la demande est forte, plus il est intéressant de développer des rabattements par bus sur ce système.

Pour une demande constante, notre exemple donne ainsi un potentiel ferroviaire interconnecté supérieur de près d'un tiers en plus du potentiel ferroviaire connecté, par le simple effet du rabattement (85 % contre 55 % du potentiel transporté sur le système ferroviaire). Cet effet s'amplifie encore si l'on considère aussi les possibilités de rabattement en voiture particulière sur le système ferroviaire par des parkings relais périurbains dont la pertinence est conditionnée par l'interconnexion.

3.2. L'interconnexion : un gain de temps (observation sur Karlsruhe-Bretten)

La suppression de la correspondance entre le système urbain et le système ferroviaire est souvent jugée comme superflue lorsque la correspondance est bien organisée : on considère alors que la correspondance peut être bien vécue par l'usager, peu pénalisante, et qu'une bonne connexion des réseaux est quasiment équivalente à une interconnexion. Ce raisonnement repose cependant sur une confusion entre correspondance interne (au sein de différents services d'un même réseau) et correspondance externe (entre services de réseaux différents). Une telle distinction est pourtant fondamentale.

3.2.1. Correspondances « internes »

Dans le cas de correspondances « internes », c'est-à-dire au sein de services différents d'un même réseau, la correspondance peut effectivement être organisée de façon à être la moins pénalisante pour l'usager. Considérons les cas de services urbains à forte fréquence et de services à faible fréquence à correspondances organisées.

3.2.1.1. Services urbains à forte fréquence

Dans le cas de services urbains à forte fréquence, une organisation de la correspondance se traduisant par de faibles cheminements à pied, voire des correspondances quai à quai, suffit pour offrir à l'usager un confort limitant l'effet négatif de la correspondance. Effectivement, si le cheminement de correspondance est faible voire nul, les hautes fréquences de service garantissent un temps d'attente réduit.

3.2.1.2. Services à faibles fréquences à correspondances organisées

Dans le cas de services à plus faibles fréquences, le temps de cheminement peut toujours être réduit, mais le temps d'attente ne peut pas être réduit par l'effet fréquence. Il peut par contre être limité au minimum par la coordination des horaires des services et leur gestion en temps réel. Une telle coordination peut, là encore, offrir un niveau de confort limitant l'effet négatif de la correspondance. C'est le cas de correspondances organisées quai à quai entre les trains Inter Cité cadencés à l'heure dans les pays Rhénans : ces correspondances, courtes et qui ne demandent aucun cheminement en gare, ne sont pas ressenties comme pénalisantes par la clientèle, elles peuvent même être appréciées comme moment coupant la monotonie du voyage. C'est aussi le cas de correspondances organisées entre les tramways ferroviaires de Karlsruhe, cadencés à l'heure aux heures creuses, et les lignes de bus de rabattement, qui arrivent et partent quelques minutes respectivement avant et après le passage du tramway.

3.2.2. Correspondances « externes » entre systèmes différents

C'est dans le cas de correspondances « externes », c'est-à-dire entre deux exploitants (ou systèmes) différents (urbains et périurbains par exemple), ayant généralement des services à fréquences différentes, que la correspondance devient particulièrement pénalisante pour l'usager, même dans le cas de cheminements réduits au minimum. Considérons le cas, qui nous concerne particulièrement, des connexions entre services urbains et services périurbains. Pour juger de la qualité de cette correspondance, il convient de différencier l'aller et le retour. Supposons que l'aller soit en direction du système urbain, et le retour en direction du système périurbain.

3.2.2.1. « L'aller » vers le système urbain

Si l'on considère « l'aller », le passage d'un système périurbain à faible fréquence de service vers un système urbain à haute fréquence de service, on constate effectivement que la correspondance, si elle est bien organisée avec un faible cheminement, est peu pénalisante pour un usager qui attendra peu le prochain service urbain.

3.2.2.2. « Le retour » vers le système périurbain

Par contre, le « retour », du système urbain à forte fréquence vers le système périurbain à faible fréquence devient fortement pénalisant. En effet, soit l'usager programme son voyage et il se donnera un temps de précaution de l'ordre de 10 à 20mn pour être sûr d'attraper son service périurbain, soit il voyage au hasard, et il aura un temps moyen d'attente égal à la

moitié du temps entre deux services périurbains. Ce temps de précaution est irréductible quelle que soit la qualité d'organisation de la correspondance, mais son ressenti accroît la pénibilité.

3.2.3. L'interconnexion

L'interconnexion, en permettant le passage du service périurbain directement aux centres-villes, supprime ou du moins réduit fortement le temps de précaution de l'usager périurbain. Que ce soit d'un bureau, de la terrasse d'un café, d'un magasin ou il fait les courses, le fait de savoir assez précisément qu'il lui faut de 2 à 5 min pour accéder à son arrêt va le conduire à réduire son temps de précaution à un maximum de 5 min.

Retenons les chiffres donnés concernant le temps de précaution (en moyenne 15 min pour le « retour » avec connexion et 5 min pour le « retour » avec interconnexion), auxquels on ajoute un temps de cheminement plus une attente atteignant au minimum 5 min dans le cas d'une bonne connexion. Comparons alors le temps de trajet supplémentaire réel (sans compter les aspects d'inconfort) dû à une connexion par rapport à une interconnexion :

- Temps de trajet aller et retour avec connexion (X temps de transport) :

$$X + 2*5 \text{ min} + 15 \text{ min} = X + 25 \text{ min}$$

- Temps de trajet aller et retour avec interconnexion :

$$X + 5 \text{ min}$$

La différence de 20 min pour un aller retour, soit 10 min pour un trajet simple, parle d'elle-même. Nous nous situons ici dans le cas d'une bonne connexion (temps réel de correspondance de 5 min, telle qu'elle existe par exemple en gare de Karlsruhe) entre le train et le tramway. Une telle qualité de connexion n'est cependant pas garantie et souvent, lorsque la connexion est moins directe (cheminements, descentes en sous-sol), le temps de correspondance se situe autour de 10 min. Dans ces derniers cas, l'interconnexion apporte ainsi un gain de temps de l'ordre de 15 min !

3.3. Les gains de l'interconnexion en matière de coûts d'exploitation

Nous venons de voir dans quelle mesure l'interconnexion permet d'attirer sur l'armature ferroviaire une demande d'un ordre de grandeur supérieur aux solutions ferroviaires classiques. Mais les enjeux de l'interconnexion se situent aussi en termes de coût d'exploitation.

Comparons les besoins en matériel roulant et les coûts d'exploitation dans le cas de deux systèmes périurbains et urbains connectés indépendants et dans le cas d'un système

interconnecté. Nous prenons une fréquence de 30 min pour l'offre périurbaine, exploitée à 60 km/h de moyenne sur 20 km, avec un temps de battement en terminus de 10 min, et 5 min pour l'offre urbaine exploitée à 20 km/h de moyenne sur 10 km avec un temps de battement en terminus de 5 min. Le coût d'exploitation, dépendant majoritairement des frais de personnel, est supposé dépendant du temps d'exploitation. Nous prenons x coût d'une heure de tram ou train en circulation de régime stationnaire.

Cas de deux systèmes indépendants :

- besoin en rames périurbaines : 2
- besoin en rames urbaines : 14
- coût global d'une heure d'exploitation : 16x
- coût périurbain d'une heure d'exploitation : 2x

Cas d'un système interconnecté :

- besoin en rames bimodales : 4
- besoin en rames urbaines : 12
- coût global d'une heure d'exploitation : 15x
- coût périurbain d'une heure d'exploitation : 1x

Le résultat le plus remarquable de cet exemple est moins la rationalisation globale des coûts d'exploitation permise par l'interconnexion (- 6 %), que la différence de coût concernant spécifiquement le périurbain. Dans notre exemple, des coûts divisés par deux.

Effectivement, pour le périurbain, le prolongement de services existants implique des coûts fortement réduits par rapport à l'exploitation d'une ligne indépendante (du fait de la réduction des temps d'attente en terminus, deux terminus intermédiaires étant supprimés lorsqu'il y a interconnexion).

Cet exemple, quoique théorique, permet de comprendre :

- pourquoi l'exploitant des tramways de Karlsruhe a pu reprendre dans les années 1960 l'exploitation de la ligne de l'Albtal à un coût acceptable par la collectivité alors que l'exploitant ferroviaire précédent était en faillite ;
- pourquoi les lignes interconnectées de Karlsruhe atteignent plus ou moins le petit équilibre : les gains de clientèle jouent en synergie avec les gains d'exploitation pour amorcer un cercle vertueux d'augmentation des fréquences induisant elles mêmes une demande supplémentaire ;

- pourquoi les extensions du réseau de Karlsruhe sont aujourd'hui si rapides : les nouvelles lignes apportent des avantages élevés au regard de coûts marginaux de services prolongés faibles ;
- pourquoi dans bien des cas, l'interconnexion d'une ligne régionale à faible trafic avec un réseau de tramway urbain représente pour la collectivité la seule solution financièrement viable, alternative à la fermeture pure et simple.

3.4. Intérêt du tram-train en terme d'optimisation du transport public

Le poste achat de matériel est le plus important. Le résultat d'exploitation est légèrement déficitaire en raison de l'amortissement du matériel roulant (sur plusieurs dizaines d'années), mais le bilan de fonctionnement sera positif du fait d'une exploitation fondée sur une optimisation des moyens existants (prolongements de services urbains et remplacement de trains services de trains régionaux plus chers à l'exploitation que les tram-trains).

Les coûts relatifs par rapport au tram-train sont considérés comme étant de l'ordre de :

- la moitié pour un bus urbain ou un car interurbain (pondération de 0,5),
- le double pour un TER bicaisse omnibus actuel (pondération de 2).

L'intérêt d'une exploitation tram-train du point de vue de l'optimisation de l'offre en transport public réside dans :

- la possibilité d'intégration d'un service tramway urbain avec un service tram-train,
- la possibilité de restructuration d'un service bus urbain ou périurbain autour d'un service tram-train,
- la possibilité d'intégration d'un service de trains régionaux avec un service tram-train,
- la dé-saturation des nœuds ferroviaires.

Ainsi, il existe, en termes de marché potentiel et de coûts d'exploitation, un seuil déterminant entre connexion améliorée et interconnexion.

4. ORGANISATION

Deux sociétés exploitent les transports de Karlsruhe

4.1. L'exploitation des lignes à Karlsruhe

Les transports de Karlsruhe et de sa région sont exploités par deux sociétés juridiquement distinctes, mais dans lesquelles la ville de Karlsruhe est le principal actionnaire, elles

bénéficient de surcroît d'une direction commune. La distinction est ainsi comptable, mais est fictive pour le service.

Le système de tram-train de Karlsruhe est opéré par deux entreprises de transport :

- Les sections de lignes urbaines sont exploitées par la Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH (VBK). Il s'agit des trams, bus et d'un petit chemin de fer touristique au jardin du château de Karlsruhe.
- L'Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG) est chargée des lignes régionales (tramway régional, cars et bus).

La Figure 5-9 donne un aperçu de l'étendue du réseau de transports en commun,

Les réseaux noté « S », sont les réseaux suburbains (S-bahn), où circulent des tram-trains, exploité par AVG. Les réseaux notés « R » sont les réseaux de trains régionaux exploités par la DB. A cela s'ajoutent 6 lignes de tramway urbain exploitées par VBK.

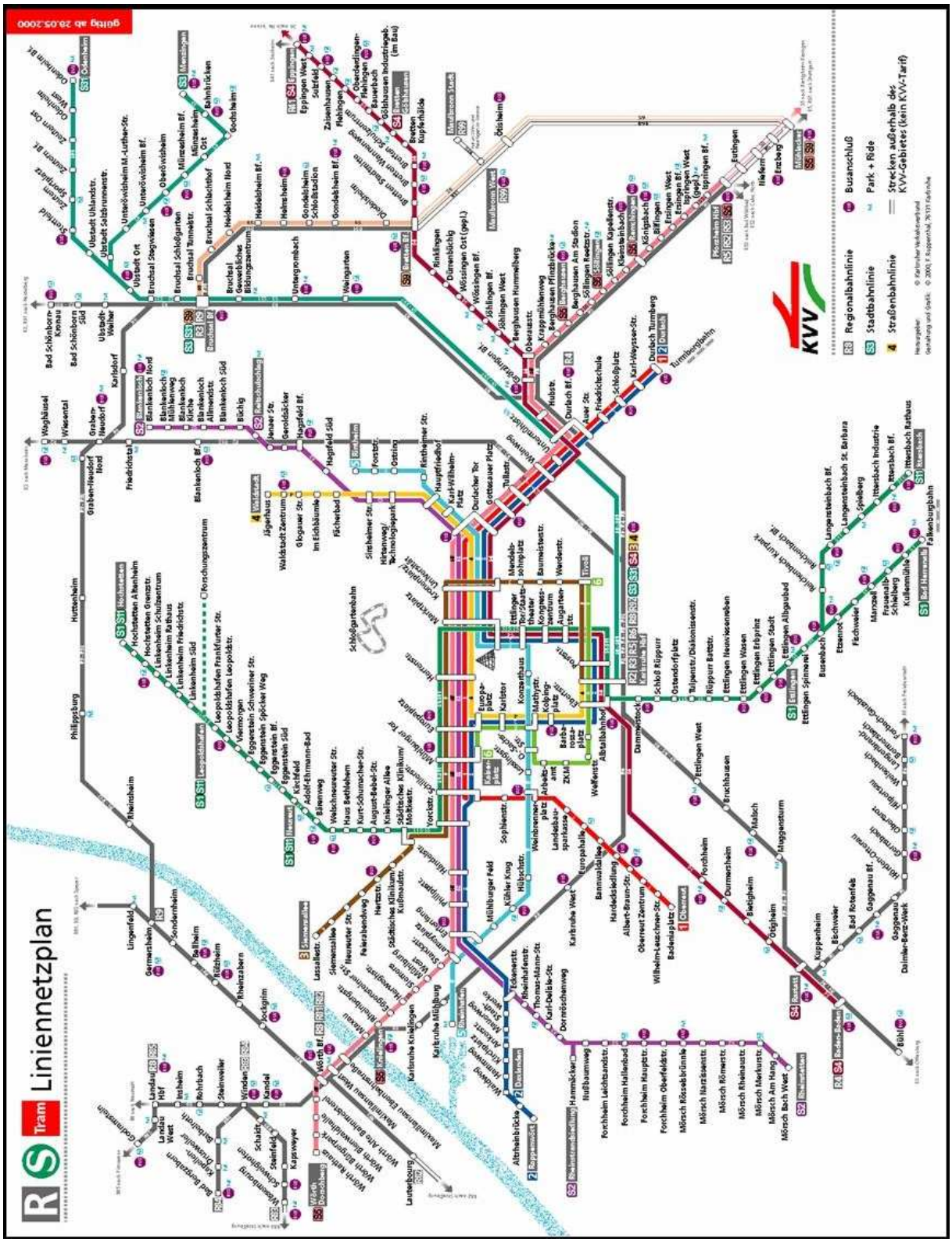


Figure 5-9. Plan du réseau de transport de personnes de Karlsruhe

4.2. La régionalisation des chemins de fer allemands.

4.2.1. La réforme des chemins de fer allemands

La réforme des chemins de fer allemands a prévu la régionalisation des transports de voyageurs à courte distance, c'est-à-dire des lignes de moins de 50 km de longueur ou dont le temps de trajet est d'une heure au maximum.

Depuis le 1er janvier 1996, le Bund (Etat Fédéral) a délégué sa compétence sur les lignes ferroviaires régionales aux Länder (Région) avec plusieurs possibilités d'exercice de cette compétence. Pour accompagner ce transfert de compétence, une dotation (elle se compose d'une partie Exploitation et d'une partie Investissement) de régionalisation est versée par l'Etat Fédéral aux Länder.

La réforme autorise les Länder de recourir à des appels d'offre pour attribuer l'exploitation de leurs lignes ferroviaires régionales, qui peut être confiée, soit à la DBAG (entité régionale), soit à des exploitants locaux publics ou privés.

Par ailleurs, les Landkreis ont compétence sur les transports collectifs routiers, avec obligation de les organiser autour de l'armature ferroviaire.

Deux modèles de relations entre Land et Communautés de transport (regroupant des Landkreis et des villes) sont possibles.

- 1er modèle : Le Land garde la maîtrise du transport ferroviaire (Bavière, Thuringe) et contracte avec les exploitants.
- 2nd modèle : Le Land délègue sa compétence aux Landkreis réunis au sein de Communautés de Transport qui commandent directement les services ferroviaires aux exploitants de leur choix.

Le cas de Karlsruhe, se réfère plutôt au premier modèle. Ainsi, l'exploitation des lignes Stadtbahn (sur voies DB) a été confiée par le Land à AVG, celle des lignes RégioBahn à la DBAG.

4.2.2. La communauté de transport de Karlsruhe (KVV).

Le KVV, Karlsruher VerkersverBund, a été créé en mai 1994. Le territoire de la Communauté de transports a été étendu en 1996 : il couvre 2 700 km² et 1,1 million d'habitants. C'est une communauté de collectivités locales.

4.2.2.1. La composition du KVV

La création du KVV a eu pour conséquence la restructuration des lignes régionales d'autobus (suppression des services routiers parallèles aux voies ferrées) et la distinction entre deux types de lignes ferroviaires :

- les lignes S (StadtBahn) exploitées par rames tramway,
- les lignes R (RégioBahn) exploitées en matériel classique.

La spécificité des lignes S est liée à leur exploitation de type urbain et à l'existence d'une interconnexion réelle ou potentielle.

L'organisation du service des lignes S est fonction de la circulation sur les infrastructures ferroviaires.

- Hors des lignes DB, c'est le KVV et sur les lignes DB c'est le Land.
- Les horaires et la tarification sont conçus par le Land et KVV.

La Maîtrise d'Ouvrage et la Maîtrise d'œuvre des projets sont assurés par VBK pour les lignes urbaines et KVV ou AVG pour les lignes régionales tram-train.

Selon les lignes S, le propriétaire des voies, des stations et du matériel roulant est soit la DBAG soit AVG.

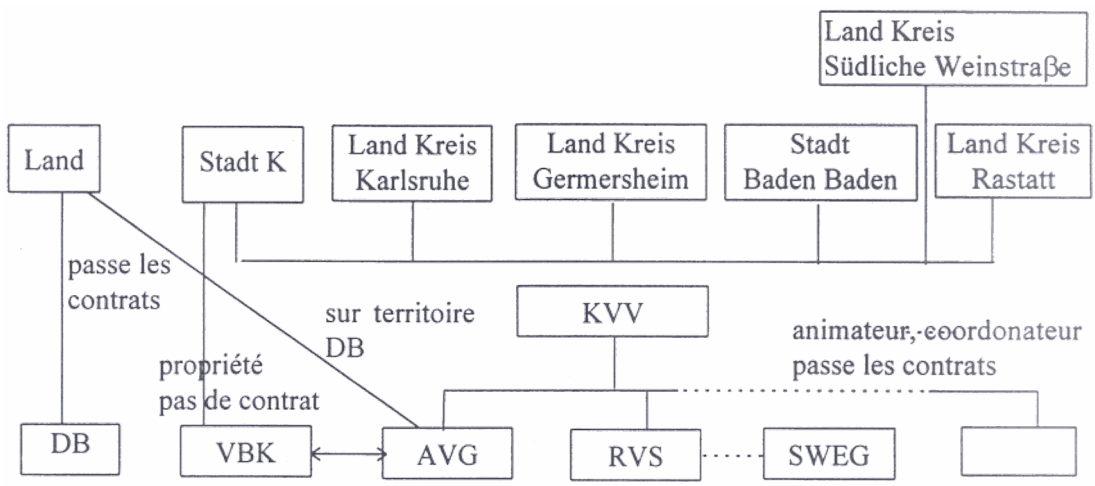


Figure 5-10. Schéma de l'offre interconnectée (source TTK)

Les deux exploitants ferroviaires sont AVG et DBAG (Figure 5-10). Le paiement de la redevance est lié à la propriété des voies : AVG paie une redevance à la DB pour l'utilisation des lignes lui appartenant. Les infrastructures sont financées par l'Etat Fédéral (60 %), le Land Bade Wurtemberg (25 %) et les Collectivités locales (15 %). Le matériel roulant est financé par l'Etat Fédéral (50 %), la Ville de Karlsruhe (25 %) et les collectivités locales (25 %).

4.2.2.2. Les missions du KVV

Les missions de la Communauté de Transports de Karlsruhe sont :

- la tarification,
- la coordination de l'offre,
- la répartition des recettes et le financement du déficit d'exploitation,
- la passation des contrats avec les transporteurs routiers et AVG,
- le développement du réseau (Maîtrise d'Ouvrage).

Toutes les recettes sont collectées par le KVV et mises en commun. Les accords de répartition des recettes entre exploitants reposent sur des enquêtes régulières et le reversement à la DB se fait directement. La redistribution aux autres exploitants dépend des contrats passés entre ceux-ci et le KVV (Figure 5-11).

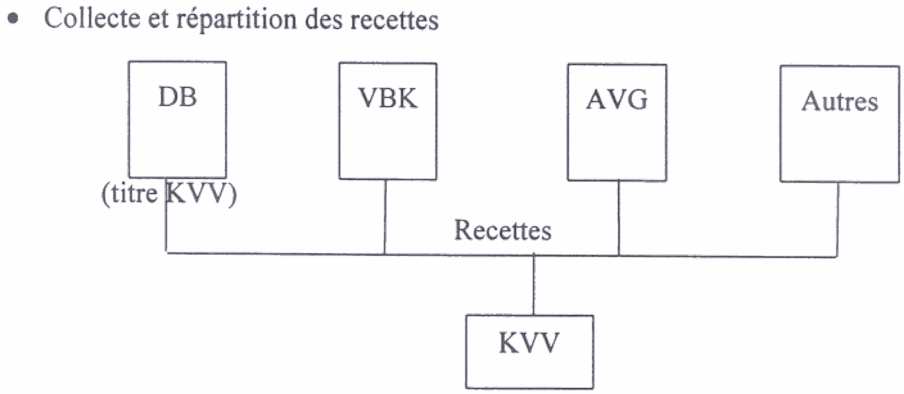


Figure 5-11. Collecte et répartition des recettes (source TTK)

Le déficit d'exploitation est pris en charge par les LandKreis et les communes de Karlsruhe et Baden-Baden ; il est réparti en fonction des véhicules*km offerts (Figure 5-12).

AO	Modes pris en charge
Ville de Karlsruhe	tram et bus urbains
LandKreis	partage en fonction des véh*kms par mode sur leur territoire

Figure 5-12. Prise en charge du déficit d'exploitation (source TTK)

Une pondération par mode de transport est introduite dans la répartition des charges :

- trains régionaux (hors DBAG) **coefficient 1,5**
- StadtBahn (tram urbain) **coefficient 1,2**
- bus articulés **coefficient 0,8**
- bus standards et minibus **coefficient 0,5**

4.3. Effets sur le développement urbain

4.3.1. Les choix de localisation

Le tram-train constitue à présent un critère de choix pour la localisation résidentielle : la desserte ferroviaire qu'il procure et l'accessibilité sur l'ensemble du réseau sont très appréciées de la population. L'arrivée du tram-train a ainsi eu des conséquences sur les prix du foncier. Dans les communes périurbaines desservies par le tram-train, il faut payer aujourd'hui un prix de location comparable à celui des quartiers du centre de Karlsruhe.

On observe le même phénomène pour l'implantation des entreprises, l'accessibilité améliorée par la desserte ferroviaire a influencé fortement l'implantation des entreprises. La liaison tram-train et la bonne qualité étaient des critères importants du choix de localisation.

4.3.2. Planification urbaine

Le développement urbain est orienté vers les infrastructures tram-train (lignes et arrêts), plusieurs niveaux de planification urbaine sont considérés.

- Le plan d'aménagement urbain du Land classe les axes d'aménagement urbain le long des voies de tram-train. Les villes secondaires importantes desservies sont considérées comme des pôles à développer.
- Le plan d'aménagement urbain au niveau régional prévoit des « pôles » entre les axes (Bretten est classé comme « pôle » par le plan urbain du Land et régional).
- Certaines communes ont également intégré le tram-train dans la planification urbaine. Dans les communes, des emprises pour les arrêts sont réservées à proximité des domiciles, des lieux d'emplois, des terrains à usage commercial (donc pas nécessairement construit, stratégie de planification à long terme).

La planification urbaine de l'occupation du sol est ainsi subordonnée aux axes de transport ferroviaire, la planification concerne les entreprises et les logements. Si on ne peut pas arrêter le processus de périurbanisation, il est possible de contrôler la diffusion du bâti dans ces espaces en les concentrant le long des lignes et à proximité des arrêts.

Le tram-train permet à la fois un trafic local d'agglomération et un trafic régional. Il est très apprécié des usagers car il multiplie les possibilités d'itinéraires tout en réduisant les besoins de correspondance. Il accroît également la rapidité globale des déplacements à travers le centre-ville. En termes d'offre (maillage dense, stations fréquentes, accessibilité au réseau, cadencement de la fréquence, temps de parcours, larges amplitudes horaires de services,

services nombreux même en week-end…), le tram-train place l'ensemble des transports en commun à un niveau qualitatif élevé qui en fait une réelle alternative à la voiture.

Le succès de ce mode est également dû à d'autres facteurs :

- l'absence de circulation automobile dans la rue centrale de Karlsruhe,
- la communauté de transport qui couvre un territoire suffisamment large pour prendre en compte l'ensemble du bassin des déplacements,
- la pérennité du réseau de tramways qui n'a pratiquement pas été amputé depuis les dernières décennies.

Le système tram-train a prouvé que les barrières techniques et organisationnelles pouvaient être surmontées. Il prouve aussi que le réseau de transport public peut être très attractif à des coûts acceptables pour la collectivité grâce à l'utilisation d'infrastructures existantes.

Le tram train s'est également exporté vers d'autres villes allemandes qui voient là le moyen de valoriser des infrastructures ferroviaires sous-utilisées, tout en se dotant d'un réseau de transport collectif performant en ville. Il existe une liaison transfrontalière entre les communes de Sarrebruck (Allemagne) et Sarreguemines (France) depuis quelques années déjà. Des projets en France sont à l'étude, les plus avancés sont en Alsace et concernent les agglomérations de Mulhouse et de Strasbourg.

CHAPITRE 6.
LE TRAM-TRAIN DE STRASBOURG

« Les transports urbains doivent prendre en compte les dessertes périurbaines. Il est encourageant de constater que l'on sort aujourd'hui de la période durant laquelle chaque autorité restait bloquée sur son territoire. La mise en place de systèmes de coopération ou de syndicats mixtes d'études préfigure une autorité mixte. »

Jean-Pierre Lapaire, président de la commission Infrastructures et transports du conseil régional du Centre (La Vie du Rail, 30 juin 1999).

La desserte des agglomérations et de leurs périphéries par les tram-trains est une réalité depuis plusieurs années déjà en Allemagne (Karlsruhe en 1992, liaison transfrontalière Sarrebrück Sarreguemines (France) en 1997). D'autres projets se sont depuis développés, toujours en Allemagne, à Kassel, Nordhausen, Chemnitz ou encore Zwickau. Cet engouement n'est pas fortuit car le tram-train a démontré à plusieurs niveaux son utilité, son intérêt et son potentiel dans la connexion par un « rail unique » d'espaces en inter-relation (chapitre 4).

La mise en circulation du tram-train de Karlsruhe a conduit de nombreuses agglomérations françaises à se pencher sur ce mode de transport. On évoque ainsi des projets de lignes de tram-train à Nantes, Grenoble, Strasbourg, Lyon, Mulhouse… les mêmes villes qui ont réintroduit le tramway moderne en ville dans les années 80 en France.

Les premières circulations de tram-train devraient voir le jour d'ici trois ans dans les agglomérations de Mulhouse et de Strasbourg en Alsace. La proximité géographique et culturelle avec l'Allemagne n'est certainement pas une coïncidence !

1. LE TRAM-TRAIN DE L'AGGLOMERATION STRASBOURGEOISE

Les réflexions portant sur un tram-train dans l'agglomération Strasbourgeoise s'inscrivent comme une réponse à la multiplication des déplacements périurbains / centre réalisés le plus souvent en automobile.

1.1. La périurbanisation

Depuis une quinzaine d'années, la région urbaine de Strasbourg connaît un fort développement lié au phénomène de périurbanisation. Les communes de Molsheim, Obernai et Mutzig ont connu une croissance démographique (respectivement + 1,8 %, + 1 % et + 2,3 % de croissance annuelle moyenne entre 1990 et 1999) supérieure à celle de la ville de Strasbourg (+ 0,5 % de croissance annuelle moyenne sur la même période[56]).

Par contre, les emplois et les services se concentrent toujours à Strasbourg entraînant une croissance des migrations pendulaires[57]. La voiture individuelle demeure le principal véhicule pour assurer les liaisons quotidiennes entre Strasbourg, sa proche périphérie et ses espaces périurbains. Les conséquences au quotidien sont nombreuses (engorgement des accès routiers, augmentation des accidents) ainsi que sur le moyen terme (accroissement de la pollution).

Face à cette situation de séparation des fonctions « habitat » et « activité », les transports collectifs classiques restent impuissants. Etendre les lignes existantes (bus ou tramway)

---

[56] Source : INSEE, RGP 1999.

[57] Dossier Avant Projet Gares, SNCF, mai 2004.

coûterait trop cher, car il faudrait à la fois plus de matériel roulant et davantage de personnel pour desservir de nouvelles sections à faible trafic. Par ailleurs, la configuration même des espaces périurbains ne se prête guère à l'arrivée de lignes d'autobus car les zones d'habitat se trouvent souvent localisées à l'écart des axes de circulation. Pour desservir leurs habitants, il faudrait que les lignes pénètrent à l'intérieur des lotissements, mais ce faisant, elles génèreraient une perte de temps et un désintérêt pour les usagers.

Depuis que Karlsruhe a montré en 1992, la faisabilité technique de l'interconnexion de deux réseaux ferroviaires, accompagnée de la mixité de circulation, il est légitime qu'une communauté de communes connaissant des difficultés de circulation automobile et disposant d'un réseau de tramways s'intéresse à la question de l'interconnexion.

1.2. Le tram-train

Le tracé de la ligne de tram-train concerne la desserte ouest de l'agglomération strasbourgeoise et à pour objectif de relier, sans correspondance :

- le centre-ville de Strasbourg,
- l'aéroport d'Entzheim - Molsheim dans la vallée de la Bruche,
- Gresswiller (première fourche de la ligne),
- Obernai-Barr dans le Piémont des Vosges (deuxième fourche de la ligne).

Il s'agit de la ligne de Tram-Train Strasbourg-Bruche-Piémont des Vosges (TTSBP). Le tram-train circulera sur les rails du réseau de tramway urbain de la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) exploitée par la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS) et sur les voies de Réseau Ferré de France (RFF) et exploitées par la SNCF. Il concerne les habitants de l'urbain et du périurbain, les usagers des transports publics urbains comme les usagers des transports ferroviaires régionaux.

1.3. Les objectifs recherchés

En effet, le projet de tram-train de Strasbourg s'inscrit dans une logique de développement de l'offre de transport public ferroviaire en zone périurbaine. La fréquence des rames (tous les quarts d'heures vers Molsheim et toutes les demi-heures vers les terminus de chaque branche Barr et Gresswiller) et les stations nombreuses faciliteront les déplacements dans et autour de Strasbourg (Figure 6-1).

Pour permettre la circulation du matériel hybride sur les infrastructures appartenant aux différents exploitants (et dans un périmètre couvrant plusieurs autorités organisatrices des

transports) de nombreux travaux sont nécessaires pour l'aménagement des voies et des quais et réaliser l'interconnexion des réseaux.

Ce projet répond à de multiples objectifs :

- La mise en place d'une offre de transport en commun supplémentaire et complémentaire de celle proposée par le TER. En outre, le tram-train irriguera directement le cœur de l'agglomération en empruntant le réseau urbain de tram sans ruptures de charges.
- Le développement de l'intermodalité grâce aux aménagements apportés aux stations de tram-train et sur l'infrastructure ferroviaire (Chapitre 3).
- Toutes choses étant égales par ailleurs, le report vers le tram-train contribuera à limiter les émissions de polluants générées par le trafic routier.
- Pour les communes desservies, il représente un levier pour l'aménagement local du territoire.
- Les discussions et les collaborations entre les différents partenaires du projet font du TTSBP un instrument de politique locale d'aménagement du territoire.

Ainsi, le tram-train ne vise pas simplement au développement de l'offre de transport public en milieu périurbain, il se constitue comme :

- un vecteur pour l'aide à l'aménagement du territoire,
- un élément permettant de fédérer des espaces qu'il traverse,
- un outil favorisant les mobilités.

1.3.1. Favoriser les déplacements

Les moyens mis en œuvre pour réorganiser le réseau de transport passent par l'interconnexion des réseaux ferrés urbains et nationaux, la réduction des correspondances et la transformation des arrêts en pôles multimodaux.

L'interconnexion entre le réseau de tramway urbain strasbourgeois (CUS / CTS) et le réseau ferré national (SNCF / RFF) aura lieu en gare centrale de la SNCF. Ce faisant, les correspondances en gare centrale de Strasbourg, entre trains classiques TER et tramway urbain, seront supprimées. La rupture de charge obligatoire pour entrer sur le réseau de transports publics ne disparaît pas. Elle est reportée dans un secteur moins encombré, où il est possible d'y accéder de façon commode :

- en vélo,
- en voiture,

- avec un système de transport à la demande,
- grâce à un système de navettes.

La suppression de cette correspondance présente de nombreux avantages. Elle se traduit notamment pour les usagers par un gain en temps de parcours et en confort[58]. Pour la SNCF et RFF la suppression de cette correspondance permet de désengorger la gare de Strasbourg et de préparer de manière plus sereine l'arrivée prochaine du TGV Est et les flots de passagers l'accompagnant.

1.3.2. Un instrument d'aménagement du territoire

Le tram-train aide également à l'aménagement du territoire local avec la mise en valeur foncière des terrains disponibles situés à proximité des gares, par la réalisation programmée de logements et de Zones Artisanales, d'Activités ou Industrielles. Il accompagne les projets de requalification des espaces publics autour des gares, le TTSBP est ainsi un outil d'urbanisme, qui fournit aux collectivités territoriales locales les moyens opérationnels de développer des projets structurants valorisant les espaces nouvellement aménagés.

Enfin, le tram-train constitue un véritable outil de fédération politique comme l'atteste la création de la Société d'Intermodalité du Bassin Strasbourgeois (SIBS). Elle vient s'insérer dans le schéma d'organisation du découpage territorial administratif de l'exploitation des transports. Sans régler tous les problèmes liés à l'exploitation d'un mode de transport sur le territoire de plusieurs Autorités Organisatrices de Transport, elle est transversale aux frontières administratives actuelles. Rappelons que La Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs (1982) répartit les responsabilités en matière de transports publics de personnes entre la Communauté Urbaine de Strasbourg, le Département du Bas Rhin et la Région Alsace :

- La région depuis quelques années a la charge de l'organisation du transport ferroviaire voyageur d'intérêt régional (TER). La Région Alsace est l'autorité organisatrice pour les transports régionaux, ferroviaires ou routiers de voyageurs. La SNCF exploite les dessertes régionales à travers son réseau Trains Express Régionaux (TER), la société Réseau Ferré de France gère le réseau ferroviaire.
- Le département est Autorité Organisatrice de Transport (AOT) en matière de transports interurbains de voyageurs dans le Bas Rhin. Plusieurs exploitants dont la CTS se répartissent ces services dont un nombre important aboutit à Strasbourg.

[58] Une rupture de charge est pénalisante en temps de parcours. Elle est d'autant plus dissuasive que le parcours "en correspondance" est court

- Les communes ou structures intercommunales sont Autorités Organisatrices de Transport (AOT) sur le périmètre des transports urbains PTU. La CUS est l'autorité organisatrice des transports publics sur le périmètre des transports urbains. Elle est constituée de 27 communes. L'exploitant du réseau de transports urbains (bus et tramway) est la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS).

2. LE TRACE DU TTSBP

L'interconnexion des réseaux modifie l'offre de transport ferroviaire régionale. En effet, la desserte sans rupture de charge de l'agglomération strasbourgeoise, de la plaine de la Bruche, du débouché de la vallée de la Bruche et du Piémont des Vosges est rendue possible par l'interconnexion du réseau ferroviaire national avec le réseau de tramway de l'agglomération strasbourgeoise en gare centrale SNCF de Strasbourg.

Cette interconnexion assure au tram-train la desserte du centre-ville de Strasbourg sans rupture de charge. La suppression de cette correspondance a comme conséquences directes :

- d'une part la réduction des temps de parcours,
- d'autre part la multiplication du nombre de destinations accessibles avec une seule correspondance tramway ou bus, grâce au maillage et à la couverture du réseau ferré régional TER et urbain CTS.

Le TTSBP parcourra 47 km de voies ferrées dont 40 km de voies ferrées périurbaines RFF-SNCF avec le cheminement suivant :

- 1) il empruntera le réseau ferroviaire sur les tronçons Gresswiller / Molsheim à l'ouest et Barr / Molsheim au sud (correspondant aux deux fourches) et sur le tronçon commun Molsheim / Gare Centrale de Strasbourg,
- 2) il s'interconnectera sur le réseau urbain à partir de la gare centrale de Strasbourg.

Le Tram-Train Strasbourg-Bruche-Piémont des Vosges comptera ainsi 39 points d'arrêt :

- 24 gares sur les voies ferrées périurbaines RFF-SNCF,
- 15 stations sur le réseau de tramway urbain CUS-CTS.

Il concernera 100 000 habitants (communes desservies directement et indirectement) et 35 000 emplois (hors Strasbourg et Lingolsheim). Outre la desserte de Strasbourg, il s'agit de connecter entre eux les pôles d'emploi (comme Molsheim et Obernai) et d'habitat du corridor.

2.1. La partie périurbaine

2.1.1. Le tracé du TTSBP

Depuis la gare de Strasbourg, 24 gares sont concernées par le TTSBP, 17 seront des gares mixtes (tram-train et trains TER) et 7 seront des gares uniquement tram-train (Figure 6-1).

Les voies ferrées de RFF seront empruntées par les tram-trains, les trains classiques TER mais aussi par les trains de fret. Dans certaines gares, le voyageur aura donc le choix de prendre soit le tram-train (omnibus mais sans correspondance en Gare de Strasbourg), soit le train classique TER (semi-direct mais avec correspondance en Gare de Strasbourg).

Sur les 24 gares dépendant des compétences RFF-SNCF, 8 sont à créer :

- Les gares de Molkenbronn et Route d'Eckbolsheim remplacent celle de Roethig qui sera supprimée.
- Celles de Molsheim-Est, Molsheim-Bruche, Obernai-Z.I., Obernai-Europe, Obernai-Sud et Barr-Lycée sont nouvelles.

Par ailleurs, 2 gares doivent être déplacées (Holtzheim à proximité de la prochaine zone d'activité et Entzheim pour une meilleure accessibilité à l'aéroport).

Les communes de Lingolsheim et de Molsheim disposeront de 3 arrêts tram-train (respectivement Molkenbronn, Route d'Eckbolsheim, Lingolsheim et Molsheim-Est, Molsheim, Molsheim-Bruche) Obernai en comptera 4 (Obernai-ZI, Obernai-Europe, Obernai et Obernai-Sud). Le tram-train jouera dans ces 3 villes le rôle d'un tramway urbain. Au titre de la fonction de desserte locale de ces arrêts, nombre d'entre eux ne disposeront pas de place de parking pour les voitures.

L'amplitude de service du tram-train sera plus importante que celle offerte par les trains classiques TER. Le tram-train assurera une amplitude de service de 18 heures par jour. Par ailleurs, le cadencement de l'offre est organisé, ainsi l'offre sera constituée d'un tram-train toutes les 15 minutes jusqu'à Molsheim, puis ensuite, alternativement, les rames poursuivront vers Barr et Gresswiller, desservies toutes les 30 minutes[59]. Durant les périodes de pointe, des renforts de services sont prévus.

[59] Des autorails continueront de desservir ces lignes, pour les liaisons Strasbourg - Saint Dié, Strasbourg - Obernai – Sélestat.

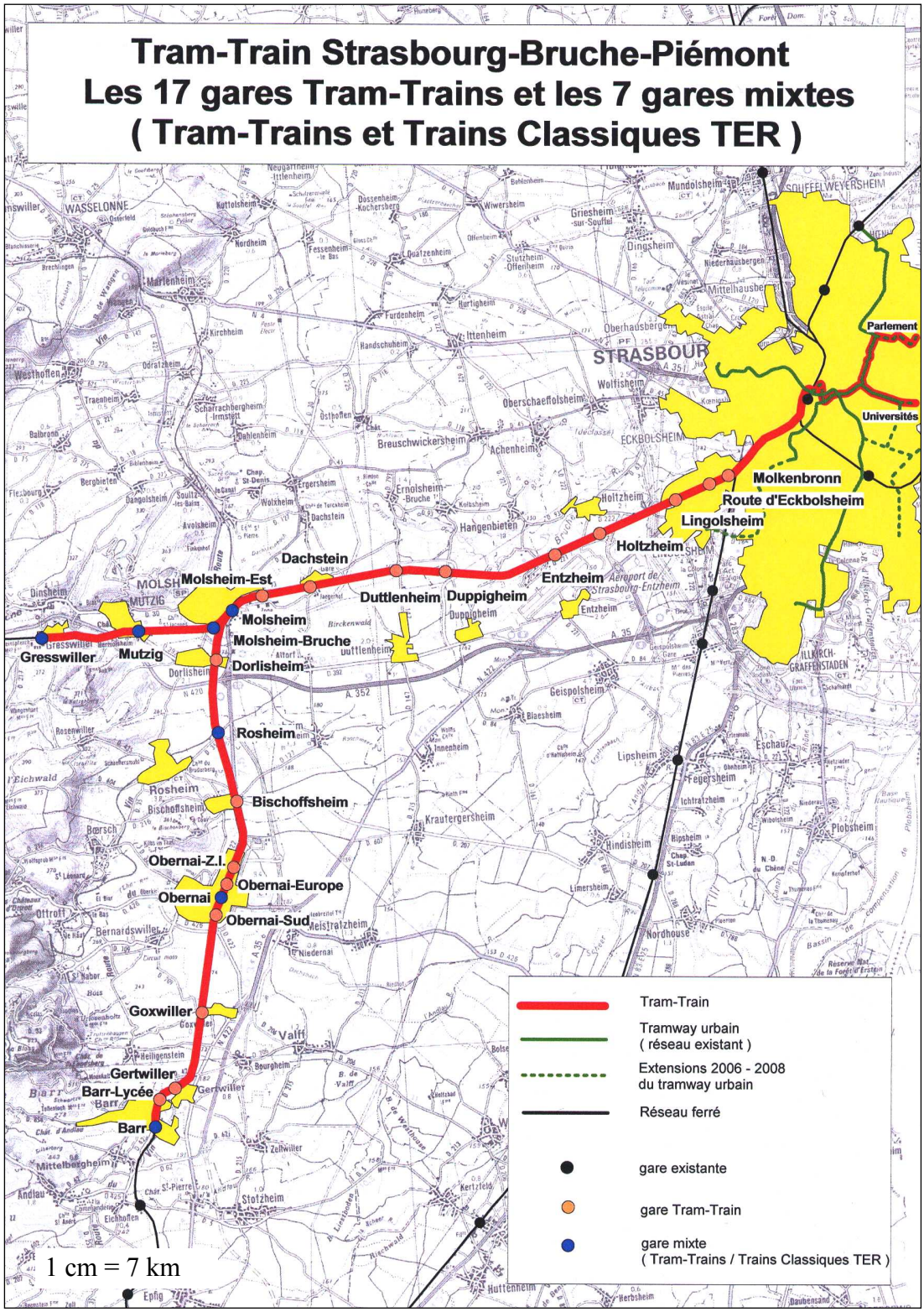


Figure 6-1. La desserte périurbaine (source : AVP, SNCF, mai 2004)

La circulation des trains classiques TER semi-directs pour les voyageurs venant d'au-delà des terminus tram-train sera maintenue. Le terminus en gare de Barr sera aménagé d'un quai central pour permettre des correspondances de quai à quai avec les autres trains et le tram-train simples, rapides et lisibles en fonctionnement pour les usagers.

Sur les branches de la Bruche et du Piémont, l'offre de transport sera multipliée par 4 alors que sur le tronçon commun Molsheim / Strasbourg-Gare, elle sera multipliée par 8. Les études menées montrent que l'arrivée du tram-train se traduira par une augmentation de la clientèle. Actuellement de 9 000 voyageurs/jour, elle passera à 22 000 voyageurs/jours à l'horizon tram-train (dont 18 000 dans les tram-trains et 4 000 dans les trains classiques TER). La fréquentation des points d'arrêt va donc s'accroître de façon significative[60] ; des aménagements favorisant l'intermodalité sont programmés pour répondre à cette augmentation de la demande.

2.1.2. Les aménagements favorables à l'intermodalité

Le Tableau 6-1 donne une série d'informations concernant les 24 gares desservies par le TTSBP. L'ensemble des 24 gares desservies par les tram-trains, dont 7 d'entre elles également par les trains classiques TER, devront offrir une capacité d'accueil suffisante tout en assurant les meilleures conditions de confort (accessibilité et lisibilité) pour les usagers. Pour que le système tram-train fonctionne de façon optimale, l'organisation des stations d'arrêt favorisant l'intermodalité des déplacements est de rigueur. Des travaux d'aménagement sont entrepris dans ce but ainsi que pour faire face à l'accroissement de la clientèle.

- Les usagers pourront avec le tram-train, arriver directement au centre-ville. La desserte étant mixte, les quais des gares de Molsheim, Molsheim-Bruche, Mutzig, Gresswiller, Rosheim, Obernai et Barr devront être longs de 180 mètres pour permettre la montée / descente des usagers sur l'intégralité des rames de trains TER (les trains TER sont en effet plus long que les tram-trains).
- Selon leur importance et leur emplacement, les gares disposeront d'un parking permettant le rabattement des voitures particulières. Leur capacité sera variable selon l'importance des gares. Les parkings pour voitures et vélos seront localisés au plus près des quais afin de minimiser la distance parcourue par le client de sa place de stationnement jusqu'au quai voyageur.
- La sécurisation de la traversée des voies du tram-train en gares mixtes nécessite des aménagements spécifiques tels que des passerelles de franchissement, des passages souterrains…

[60] Coefficient multiplicateur de l'ordre de 2,2 en moyenne, selon les études socio-économiques réalisées par MVA-SYSTRA pour le compte des 2 maîtres d'ouvrages (MOA) RFF et SNCF.

	Capacité parking relais	Correspondances	Distance inter gares	Gares	Nature de la voie		Vitesse circulation		Temps de desserte	Nombre de véhicules par sens par heure et par jour hors heure de pointe	
					Véhicules	voies	TER	Tram-trains		Tram-trains	Trains
Tronçon commun Strasbourg-Molsheim				Strasbourg							
	Non	Bus CUS	400 m en secteurs urbains denses 3 km en moyenne dans le secteur périurbain	**Molkenbronn***	TER Tram train Fret	Double voie de 19 km électrifiées en 25 000 V alternatif	120 km/h	100 km/h	23-24 min par les tram-trains omnibus (toutes gares) 17-18 min par les tram-trains semi-directs (direct de Molsheim à Strasbourg).	4	2
				Strasbourg-Roethig (remplacée)							
	Non	**Non**		**Route d'Eckbolsheim**							
	50-100	Bus CUS		Lingolsheim							
	300	Réseau 67		Holtzheim							
	Non	Réseau 67		Entzheim							
	50-100	**Non**		Duppigheim							
	50-100	Réseau 67		Duttlenheim							
	50-100	**Non**		Dachstein							
	300	Réseau 67		**Molsheim-est**							
	50-100	Réseau 67		Molsheim							
Tronçon Molsheim-Gresswiller	**Non**	**Non**	De l'ordre de 3 km	**Molsheim-bruche**	TER Tram train Fret	Double voie de 6 km électrifiées en 25 000 V alternatif	100 km/h	100 km/h	6-7 min par les tram-trains	1 à 2	1 à 2
	50-100	Réseau 67		Mutzig							
	50-100	**Non**		Gresswiller							
Tronçon Molsheim-Barr	50-100	**Non**	400 m en secteurs urbains denses 3 km en moyenne dans le secteur périurbain	Dorlisheim	TER Tram train Fret sur la section Molsheim -Obernai	Voie unique de 15 km électrifiées en 25 000 V alternatif	100 km/h	100 km/h	11 gares 22-23 min. par les tram-trains.	1 à 2	1 à 2
	50-100	Réseau 67		Rosheim							
	50-100	Réseau 67		Bischoffsheim							
	Non	**Non**		**Obernai-ZI.**							
	Non	**Non**		**Obernai-europe**							
	50-100	Réseau 67		Obernai							
	300	Réseau 67		**Obernai-sud**							
	50-100	**Non**		Goxwiller							
	50-100	**Non**		Gertwiller							
	Non	**Non**		**Barr-lycee**							
	300	Réseau 67		Barr							

*Les gares nouvellement créées apparaissent en **gras.**

Tableau 6-1. Les 24 gares tram-train du tronçon périurbain

- Le Conseil Général du Bas-Rhin, Autorité Organisatrice (A.O.) des transports interurbains (transports collectifs routiers de personnes), mettra en place des lignes de cars du Réseau 67 en rabattement sur les gares du TTSBP pour desservir des voyageurs habitant dans des villages aux alentours de la gare non desservis directement par le tram-train. La correspondance sera réalisée sous la forme d'un quai central pour faciliter les correspondances.
- Dans la gare de Barr, les voyageurs pourront facilement passer de la navette train classique TER (en provenance de Sélestat), au tram-train sans avoir besoin de traverser les voies grâce à l'aménagement d'un quai central permettant des correspondances quai à quai, lisibles et confortables.

- Les gares de Lingolsheim et de Route d'Eckbolsheim seront en correspondance avec les lignes du réseau de bus urbains de la CTS de l'agglomération strasbourgeoise.
- Pour permettre le croisement des tram-trains, des trains classiques TER et des trains de fret, des évitements seront créés à Duttlenheim, Duppigheim, Bischoffsheim, et Goxwiller.

2.2. Le réseau urbain CTS / CUS de l'agglomération strasbourgeoise

Sur les 47 km de ligne, le TTSBP empruntera 7 km de voies ferrées urbaines du réseau CUS-CTS. Sur ces 7 km, il faut compter 0,8 km de voies ferrées d'interconnexion urbaine CUS-CTS. Le tronçon d'interconnexion est à construire. Les 6,2 km de voies CUS-CTS existantes ne feront pas l'objet de travaux.

2.2.1. Le tronçon d'interconnexion des réseaux

Il est prévu que le TTSBP se débranche du réseau ferroviaire à Strasbourg au niveau du point kilomètre (Pk) 0,9 (Figure 6-2).

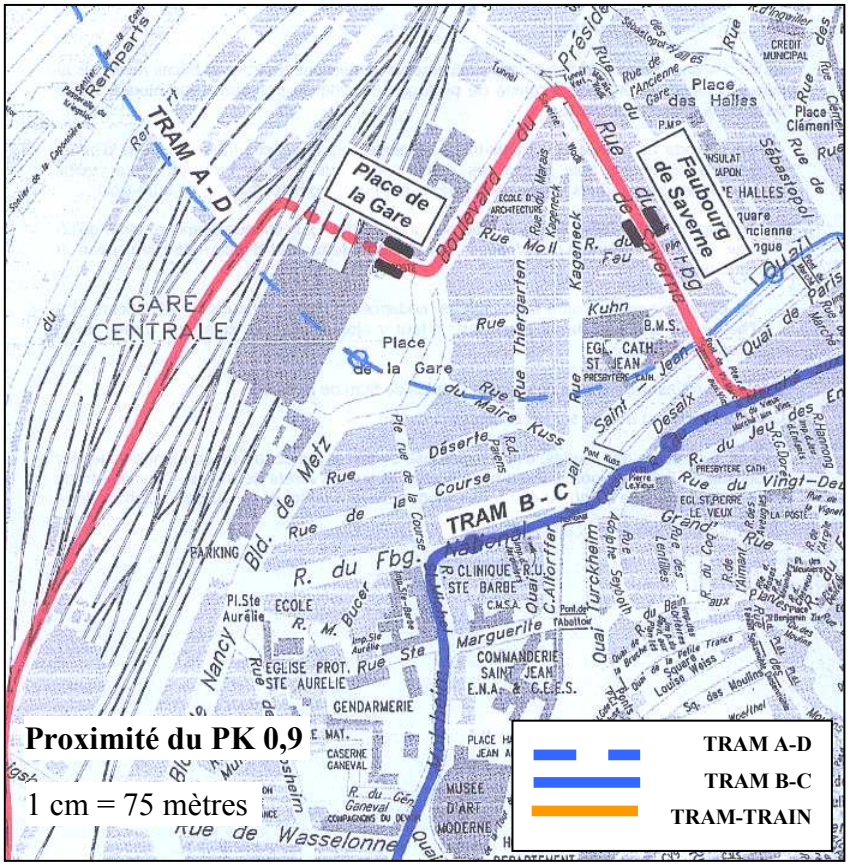


Figure 6-2. Le tronçon d'interconnexion (source : AVP, SNCF, mai 2004)

L'interconnexion des réseaux aura lieu au niveau du tunnel de La Poste situé sous la Place de la Gare. A partir du débouché du tunnel de la Poste / Place de la Gare, le tram-train

empruntera successivement le Boulevard Wilson (station mixte nouvellement créée « Place de la gare »), la rue du Faubourg de Saverne (station mixte nouvellement créée « Faubourg de Saverne ») et la rue du Vieux-Marché-aux-Vins où il s'interconnectera sur la ligne B-C du tramway urbain de la CTS.

Les 800 mètres de voies ferrées d'interconnexion urbaine CUS-CTS seront électrifiées en 750 V continu pour assurer une mixité de circulation tramway / tram-train de la « Place de la Gare » jusqu'à l'interconnexion au réseau tramway des lignes B-C. Les tramways et les tram-trains bi-modes pourront y circuler.

2.2.2. La circulation sur le réseau urbain existant

Le tram-train empruntera alors 6,2 km de voies ferrées urbaines du réseau CUS-CTS jusqu'aux terminus urbains de « Place d'Islande » (Esplanade) et « Boecklin » (Parlement européen) (Figure 6-3). La voie est électrifiée en 750 V continu, les tram-trains bi-modes pourront y circuler.

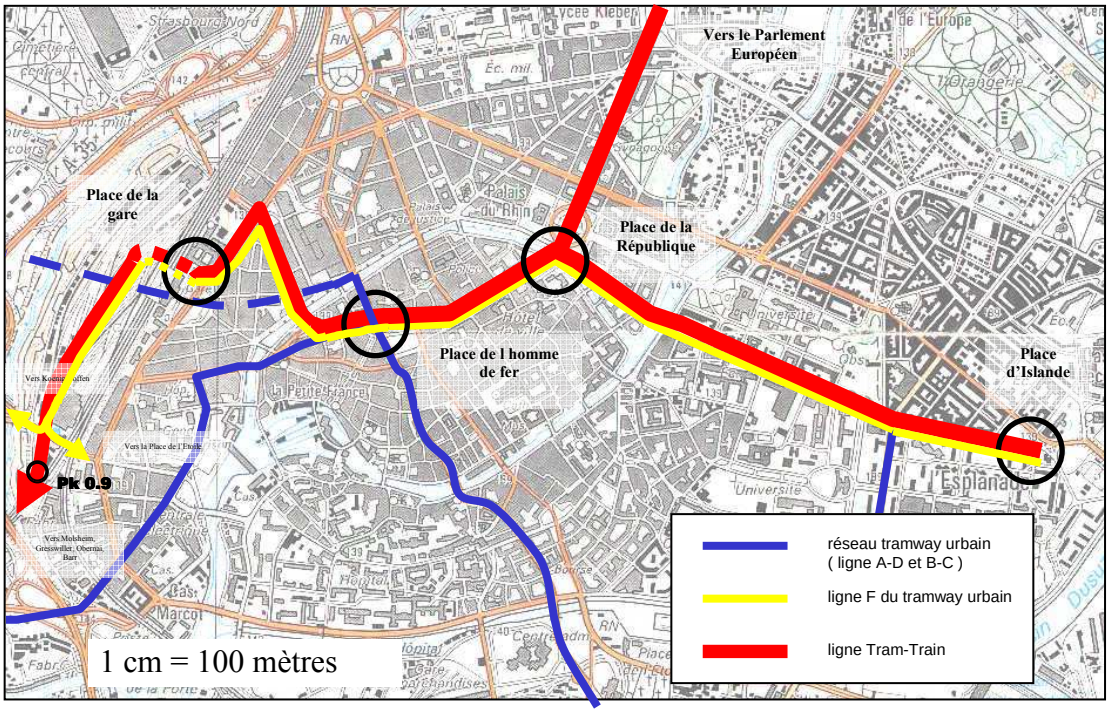


Figure 6-3. Le tracé urbain du TTSBP (source : AVP, SNCF, mai 2004)

Les 2 nouvelles stations « Place de la Gare » et « Faubourg de Saverne » ainsi que les 6 stations existantes « Homme de Fer » (correspondance avec les lignes A - D et B du tramway), « Broglie », « République » (correspondance avec la ligne B du tramway), « Gallia », « Université », « Observatoire » et la nouvelle station terminus « Place d'Islande » seront desservies par les tram-trains en provenance de Piémont des Vosges.

Les tram-trains en provenance de la vallée de la Bruche emprunteront le même parcours jusqu'à « République ». Ensuite, ils emprunteront le parcours de la future ligne E du tramway urbain en empruntant 3 stations existantes : « Parc du Contades », « Lycée Kléber » et « Wacken » et 3 stations nouvelles : « Parlement Européen », « Droit de l'Homme » et « Boecklin ». Le tram-train assurera ainsi des liaisons directes entre l'aéroport d'Entzheim et le Parlement Européen.

Le tronçon interconnectant le réseau ferroviaire au réseau tramway sera également emprunté par les tramways de la nouvelle ligne urbaine, la ligne F de la CTS. (Figure 6-3).

2.2.3. Les stations sur le réseau de tramway urbain CUS-CTS

Les 15 stations urbaines bénéficieront d'une desserte mixte tram-train et tramways urbains. Pour cela, des travaux d'aménagement pour rallonger les quais de 44 mètres à 50 mètres des 9 stations urbaines existantes sont nécessaires.

Les quais des 6 futures stations présenteront dès leur réalisation en 2006, soit avant la mise en service du tram-train, une longueur de 50 m.

2.3. Une nouvelle offre de transport

La mise en place de cette nouvelle offre de transport entraîne plusieurs conséquences pour les usagers et les exploitants.

2.3.1. Les usagers

L'interconnexion des réseaux se traduit par une amélioration de la qualité du service grâce à la suppression d'une correspondance et grâce à la multiplication des destinations accessibles uniquement avec une correspondance. L'interconnexion des réseaux à la gare de Strasbourg multiplie le nombre de destinations accessibles avec une seule correspondance tramway ou bus, grâce au maillage et à la couverture des réseaux de transport régionaux et urbains. Les opportunités de rabattement en cars, voitures et modes doux sont donc plus importantes sur un réseau interconnecté. La suppression de cette correspondance permet un gain de temps de l'ordre de 7 min pour les usagers.

Outre le gain de temps lié à la suppression de l'interconnexion, les temps de parcours sont également réduits en raison des temps de stationnement court en gare (20 secondes par arrêt excepté à Molsheim (1 min) et aux terminus).

Le tram-train ne gênera pas le reste du trafic ferroviaire en raison de ses très bonnes capacités d'accélération (pointes à 100 km/h) et de freinage et de l'aménagement des voies

d'évitement. Cette mixité de l'offre tram-train / trains classiques sur le réseau interconnecté laisse la possibilité aux usagers de choisir entre le tram-train (omnibus mais sans correspondance) et le train classique TER (semi-direct mais avec correspondance en Gare de Strasbourg).

Ces éléments assurent une desserte plus fine des territoires traversés et permettent d'augurer une augmentation significative de la clientèle. Le tram-train contribuera également à désengorger la gare de Strasbourg actuellement saturée et qui devrait l'être davantage encore avec l'arrivée du TGV-Est à l'horizon 2007.

2.4. Les exploitants

Cette nouvelle offre nécessite la constitution d'une communauté tarifaire (Chapitre 4) et d'une intégration tarifaire. Pour l'exploitant, elle représente un moyen efficace de maîtrise et de réduction des coûts d'exploitation (Chapitre 5).

3. LA STRUCTURATION POLITIQUE DE L'ESPACE DESSERVIE

Des coopérations entre les différentes autorités organisatrices (CTS, Conseil Général du Bas-Rhin, la Région Alsace) sont nées avec la volonté de réaliser le TTSBP. Cette concertation permet également la coordination et la planification des infrastructures entre la CUS, RFF et la SNCF.

3.1. Le coût du projet pour les exploitants

L'augmentation prévue de la demande nécessite de la part de la SNCF, de RFF et de la CUS des travaux d'aménagement sur les gares et sur leur accessibilité selon les périmètres de compétences de chaque Autorité Organisatrice de Transport.

Le coût global du projet est estimé à 280 M€ HT (aux conditions économiques de Janvier 2003)[61]. Les dépenses sont réparties selon plusieurs postes :

- 172 M€ sont consacrés aux travaux sur les 47 km d'infrastructures. Cette somme est répartie entre les propriétaires des rails RFF et la CUS.
    - RFF consacre 150 M€ répartis entre le tronçon d'interconnexion ferroviaire du Pk 0,9 au débouché du tunnel de La Poste Place de la Gare et les équipements des gares et atelier de maintenance du matériel roulant SNCF.
    - Les 22 M€ restant sont consacrés à la partie urbaine du projet sous la responsabilité de la maîtrise d'ouvrage CUS-CTS. (Les travaux concernent le

[61] Source : Dossier Avant Projet Gares, SNCF, mai 2004.

débouché du tunnel de La Poste Place de la Gare, la connexion à la ligne B-C du tramway et l'aménagement du nouveau terminus).

- 95 M€ sont consacrés à l'acquisition de 14 rames tram-train. Les rames d'une longueur de 60 m disposeront de 130 places assises et 245 places debout, selon les objectifs fixés par le cahier des charges provisoire du matériel roulant. L'installation de combles de lacunes au niveau des portes des tram-train est indispensable pour accéder aux quais. Ils seront déployés lors des arrêts dans les gares du réseau ferré pour combler l'espace existant de 250 mm maximum entre le quai et le tram-train
- 19,6 M€ pour les équipements des 24 gares et les aménagements d'intermodalité.
  - dont 6,6 M€ pour les équipements des 24 gares sous la maîtrise d'ouvrage SNCF (distribution des titres de transport et leur validation, système d'information des voyageurs, mobilier de quai). Les équipements sous maîtrise d'ouvrage de RFF sont les quais, leurs accès directs, leurs éclairages et les traversées de voies.
  - 13 M€ pour les aménagements d'intermodalité (parkings, abris sécurisés pour vélos, accès aux arrêts) et d'accessibilité (chemins piétonniers, pistes cyclables) des abords des 24 gares (2,2 M€ financés par la CUS et 10,8 M€ par les autres communes)
  - Selon qu'il s'agisse des gares de desserte locale (0,425 M€) ou de rabattement (1,620 M€) le coût varie du simple au quadruple (cette différence selon les gares s'explique par l'acquisition de terrains et leurs aménagements en places de parking).

3.2. Un outil de coopération politique sur le territoire

Le TTSBP n'est pas un simple projet de transport public. Au-delà du développement de l'offre de transport en zone périurbaine, le projet vise non seulement à intervenir dans la politique de l'aménagement du territoire, au sens strict, mais également à jouer le rôle d'un catalyseur pour la formation, la structuration et la cohésion politique d'un espace.

Le projet TTSBP s'est accompagné de réflexions et de dialogues avec de nombreux acteurs, c'est la raison pour laquelle d'autres projets sont intégrés et combinés avec l'arrivée du tram-train : pistes cyclables, rénovations de l'espace public, opérations d'urbanisme…

Le TTSBP est ainsi un projet global et fédérateur.

3.2.1. Les partenaires

Trois types d'acteurs sont concernés :

- L'Etat : promoteur du développement des transports ferroviaires et périurbains et cofinanceur du projet (CPER).
- Les Autorités Organisatrices de Transports (AOT), cofinanceurs du Contrat de Plan Etat-Région (CPER) et des Contrats Triennaux de Strasbourg-Ville Européenne (CTSVE) :
  - la Région Alsace, Autorité Organisatrice des Transports ferroviaires régionaux de voyageurs ;
  - le Conseil Général du Bas-Rhin, Autorité Organisatrice des transports routiers interurbains de voyageurs (réflexions sur la mise en place ou non de lignes de cars de rabattement entre les gares tram-trains et les communes situées à proximité) ;
  - la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS), Autorité Organisatrice des transports urbains et maître d'ouvrage de la partie urbaine du projet de tram-train (de la Gare Centrale SNCF au quartier de l'Esplanade) et des aménagements autour des gares jusqu'à Entzheim.
- Les Maîtres d'Ouvrages :
  - la SNCF, propriétaire des gares et exploitant du Réseau Ferré National (RFN). Elle est le maître d'ouvrage des équipements d'exploitation des gares, financés avec le CPER et le CTSVE ;
  - Réseau Ferré de France (RFF) propriétaire et gestionnaire des infrastructures du Réseau Ferré National (RFN). RFF est maître d'ouvrage de la partie périurbaine du projet, de la gare centrale de Strasbourg aux terminus de Barr et de Gresswiller ;
  - Les communes, Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI), les communautés de communes et la CUS, sont les maîtres d'ouvrage des aménagements d'accessibilité et d'intermodalité des abords des gares. Ils sont financés dans le cadre des programmes spécifiques (Programmes d'Aménagements des Gares (PAG)) hors CPER et CTSVE.

3.2.2. Acteurs concernés par le financement des aménagements des gares

Les collaborations sont également visibles au niveau des aménagements des gares. Les acteurs concernés par les équipements et les aménagements des 24 gares tram-trains sont :

- La SNCF,
- RFF,
- La Région Alsace,
- La Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS),
- La CTS,
- Le Conseil Général du Bas-Rhin (CG 67),
- La Direction Départementale de l'Equipement du Bas-Rhin (DDE 67),
- La Direction Régionale de l'Equipement d'Alsace (DRE-Alsace),
- L'Etat promoteur et partenaire du Projet.

3.2.3. Coordination financière pour les aménagements des gares

Pour une meilleure visualisation des périmètres de compétence de chaque maître d'ouvrage, un modèle de gare-type a été réalisé (Figure 6-4). Les principes qui en sous-tendent la conception ont fait l'objet d'adaptations suivant les contraintes techniques rencontrées et les particularités locales de chaque site étudié. Les élus locaux, acteurs et décideurs, valideront le programme des aménagements proposés. Ils ont été définis pour préciser les limites des programmes techniques et fonctionnels de chacun des partenaires de l'AVP.

La Figure 6-4 présente les différents périmètres propres à chaque maître d'ouvrages.

- Les équipements des périmètres d'infrastructure RFF (P0) et d'exploitation SNCF (P1) sont financés par :
    - les Contrats Triennaux Strasbourg-Ville-Européenne (CTSVE) pour les 5 gares du Périmètre des Transports Urbains (PTU) de l'agglomération strasbourgeoise (Molkenbronn, Route d'Eckbolsheim, Lingolsheim, Entzheim et Holtzheim),
    - les Contrats de Plan Etat-Région (CPER) pour les 19 gares situées en dehors du PTU.

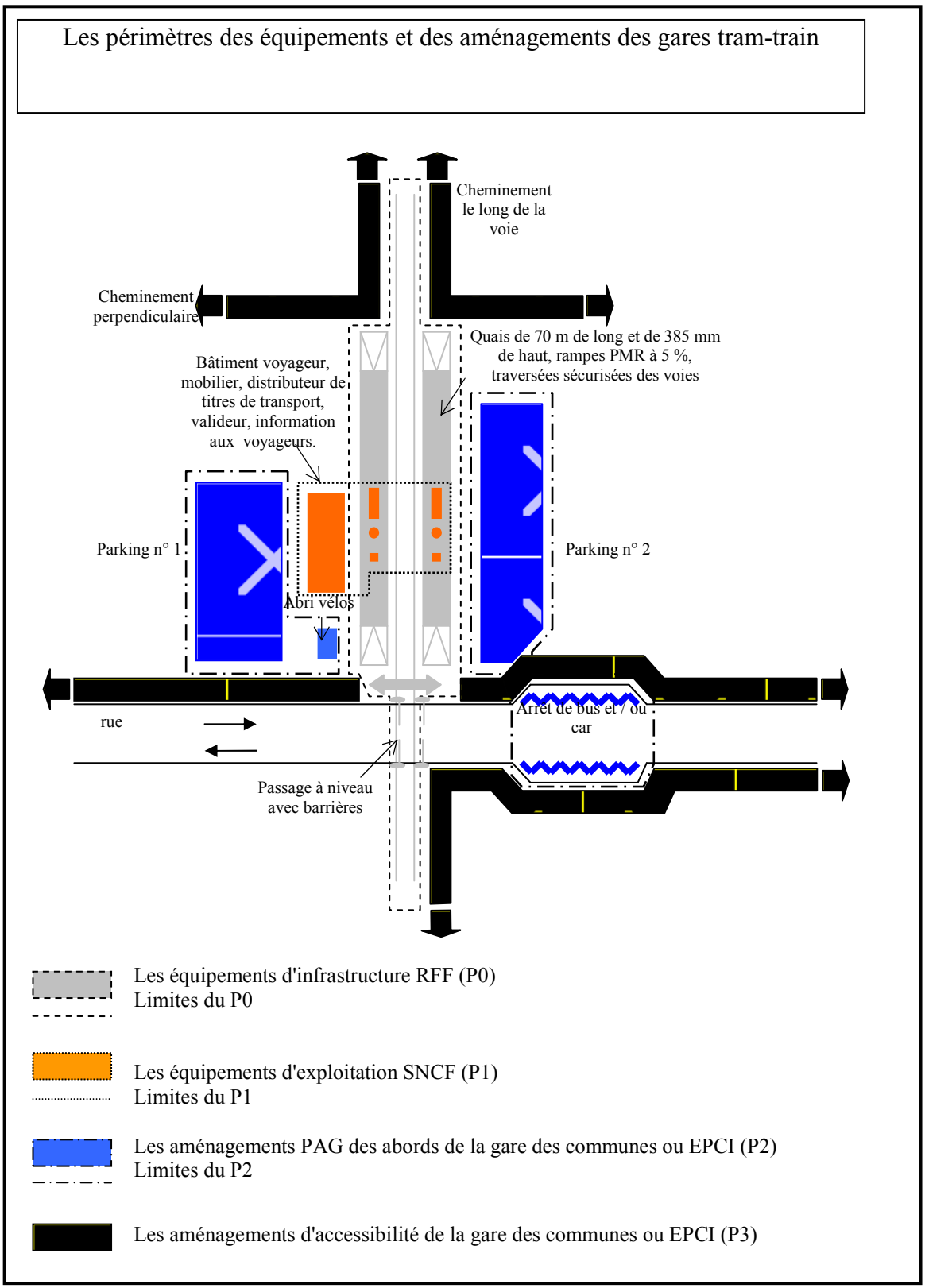


Figure 6-4. Périmètre de compétence sur les gares (source : AVP, SNCF, mai 2004).

- Les aménagements PAG des abords des gares (P 2) des communes ou des EPCI :

- sont cofinancés par la commune (ou la communauté de communes) qui en assure la maîtrise d'ouvrage et la Région Alsace dans le cadre des Programmes d'Aménagement des Gares (PAG). Les aménagements de parkings voitures, d'abris sécurisés vélos ainsi que d'arrêts de bus et / ou cars sont compris dans les programmes PAG,
- la Région Alsace pourra participer aux coûts de rénovation des gares (ravalements de façade, etc) appartenant encore à la SNCF et fera la promotion de projets d'équipements publics et commerciaux destinés à revitaliser les gares.

- Les cheminements d'accessibilité (P 3) des communes ou des EPCI relèvent de la maîtrise d'ouvrage des communes ou des EPCI et sont entièrement financés par elles. L'amélioration ou la création de nouveaux cheminements routiers ou modes doux (piétons et cycles) permettent de mieux relier les quartiers de la commune à la gare.

Outre les différentes coopérations entre les acteurs, que ce soit pour la réalisation du projet tram-train ou les aménagements des gares, le point le plus important pour l'avenir du TTSBP est la constitution de la « Société d'Intermodalité du Bassin Strasbourgeois » (SIBS).

3.3. La SIBS

Afin de développer et améliorer l'intermodalité entre le réseau SNCF et les autres partenaires du transport collectif de l'agglomération strasbourgeoise ainsi que pour accompagner le lancement du TTSBP (tram-train Strasbourg-Bruche-Piémont), la Société d'Intermodalité du Bassin Strasbourgeois (SIBS) a été créée, le 4 mai 2000. Il s'agit d'une première en France : deux entreprises de transport, de métier et de culture professionnelle différents, la SNCF et la CTS, forment une alliance juridique et une entité unique pour développer l'intermodalité (la tarification, la validation des titres de transport et de l'information des voyageurs) et avec pour objectif de faire circuler le même matériel roulant sur des réseaux ferrés qui n'ont de commun que l'écartement des voies. Cette entité a un rôle consultatif puisqu'elle fait des propositions qui sont ensuite soumises aux autorités organisatrices et aux collectivités locales. Elle apporte une aide technique (élaboration des études, adaptation du matériel roulant aux infrastructures et aux équipements existants, assistance dans l'exploitation et l'interconnexion des réseaux) aux maîtres d'ouvrage (CUS, SNCF, RFF). La société garantit la cohérence et l'efficacité du futur tram-train par la composition de sa structure transversale. Enfin, elle coordonne les informations nécessaires à

l'exploitation, l'entretien du matériel et la recherche des sites potentiels pour des arrêts tram-train.

La réalisation de la SIBS constitue une avancée majeure dans la réalisation des programmes de tram-train. Cette collaboration entre deux opérateurs de transport régie par une autorité qui dépasse les différents périmètres peut aider les autres agglomérations dans leur démarche de constitution d'un réseau tram-train. Instituée pour le TTSBP, la SIBS représente un modèle dont pourront s'inspirer les agglomérations désirant mettre en place un système de tram-train.

A l'occasion de la réalisation du projet de tram-train de l'agglomération Strasbourgeoise, de nombreux domaines ont été abordés, qu'il s'agisse de l'exploitation et de l'aménagement des arrêts, de son impact sur l'aménagement du territoire et de la constitution d'une autorité politique fédérant les différentes autorités organisatrices.

Moyennant des ajustements, la coopération croisée entre les différents acteurs locaux de transports, les exploitants et les propriétaires des infrastructures est possible.

CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE

Mode de transport novateur dans la gestion des réseaux de transport urbain et périurbain, le tram-train se présente comme une alternative à la voiture individuelle avec des temps de parcours concurrentiels. L'interconnexion et l'intermodalité, au centre de son principe, lui confèrent une grande attractivité et de vastes possibilités de dessertes urbaines et périurbaines (à condition de distinguer les voies et les lignes). La multiplication des arrêts et les distances interstations courtes renforcent l'efficacité du système. Elles peuvent être perçues par les usagers comme des moyens plus rapides (tant en distances parcourues qu'en temps passé) pour l'accès au réseau de transports publics. Vecteur de déplacements, c'est un élément de nature à rapprocher les espaces à vocations différentes telles que les zones d'habitation et les zones d'activité.

Enfin, sa réalisation nécessite des coopérations entre les différents acteurs concernés. Instrument pouvant contribuer à l'aménagement du territoire (favorisant la mise en valeur et l'utilisation des terrains disponibles situés à proximité des gares, par la réalisation programmée de logements et de Zones Artisanales, d'Activités ou Industrielles) il s'inscrit aussi comme un outil fédérateur sur le plan local.

PARTIE III METHODE ET RESULTATS

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE

Nous abordons dans cette partie la méthode d'aide à la décision que nous avons élaborée en vue de l'implantation d'un système de tram-train. Les résultats sont issus d'une combinaison des outils de l'analyse multicritère et des Systèmes d'information Géographique.

La circulation des tram-trains peut prendre plusieurs formes. Elle peut être mixte avec le reste du trafic ferroviaire ou unique en empruntant d'anciennes voies SNCF déqualifiées (tels que les premiers tram-trains en circulation à Karlsruhe en 1962).

La zone d'étude comportant plusieurs lignes de tramways nous avons envisagé la circulation d'un tram-train avec mixité de circulation.

Le tram-train circule donc sur la rive gauche du Grésivaudan. Cela ne change en rien les résultats obtenus sur les communes de la rive droite.

CHAPITRE 7. METHODE ET VALIDATION DE LA PROCEDURE DE CHOIX DU TRACE

Un système complexe qui fonctionne est toujours dérivé d'un système simple qui fonctionne.

« Loi de Darwin »

La détermination du choix du tracé et des arrêts de la ligne de tram-train dans la vallée du Grésivaudan a été guidée par l'utilisation d'outils :

- les systèmes d'information géographique (SIG),
- l'analyse multicritère (AMC).

L'objet de ce chapitre n'est pas de détailler toutes les méthodes d'analyse multicritère existantes mais de permettre au lecteur d'en prendre connaissance. Pour plus de détails sur ce sujet, nous invitons le lecteur à se reporter aux travaux de Nathalie Molines[62]. Nous procéderons simplement à des rappels concernant l'aide à la décision, l'analyse multicritère mais aussi les SIG. Nous détaillerons ensuite la méthode utilisée ainsi que sa validation. Les résultats feront l'objet du Chapitre 8.

1. L'ANALYSE MULTICRITERE POUR L'AIDE A LA DECISION

1.1. Théorie de l'aide à la décision

Bien que les auteurs aient développé leurs propres définitions de l'aide à la décision, la philosophie reste la même.

Pour Roy (1985), *« L'aide à la décision est l'activité de celui qui, par des voies dites scientifiques, aide à obtenir des éléments de réponse à des questions que se posent des acteurs impliqués dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision en vue de favoriser un comportement des acteurs qui soit de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et/ou les systèmes de valeurs au service desquels ces acteurs se trouvent placés d'autre part* ».

Pour Malczewski (1999), « *L'aide à la décision est un ensemble de procédures systématiques pour analyser les problèmes décisionnels complexes. La stratégie de base est de diviser le problème décisionnel en étapes concises et compréhensibles, d'analyser chaque partie et de les intégrer de manière logique pour produire une solution sensée* ».

Pendant longtemps, l'aide à la décision a été faite par le biais de la recherche opérationnelle.

1.1.1. La recherche opérationnelle (RO)

On a défini la Recherche Opérationnelle (RO) comme une « approche scientifique pour la résolution de problèmes de gestion de systèmes complexes » (Roy 1997).

---

[62] Le partie traitant de l'analyse multi critère a été largement empruntée à la thèse de Nathalie Molines, « Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale », 2003, pp 449.

Cette méthode a connu de nombreux succès, mais aussi de nombreux échecs. En effet, la recherche opérationnelle était efficace lorsqu'il était possible d'isoler le problème du processus de gestion de l'entreprise ou de l'Etat. En revanche, lorsqu'on ne pouvait pas l'isoler de son contexte, la recherche opérationnelle ne donnait pas satisfaction. On avait fixé à la recherche opérationnelle un objectif trop ambitieux : la recherche d'un optimum en toutes circonstances.

L'aide multicritère à la décision s'est développée, à la différence de la recherche opérationnelle, en considérant la complexité du processus de prise de décision.

1.1.2. L'aide à la décision multicritère

Roy (1985, p. 15) définit l'aide à la décision multicritère comme « l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourants à éclairer la décision et normalement à recommander, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part ».

Les différences de points de vue des différents auteurs sur l'aide à la décision multicritère concernent moins sa définition que le nombre de phases régissant le processus (ce nombre pouvant varier de 3 à 7).

1.1.3. Les étapes du processus d'aide à la décision multicritère

Pour Simon (1960), le processus décisionnel est structuré en trois grandes phases :

- l'intelligence (quel est le problème),
- le *design* (quelles sont les solutions),
- le choix (quelle est la meilleure solution).

Ces phases ne sont ni ordonnées, ni hiérarchisées. Il est possible de revenir sur l'une d'entre elles, si l'on se rend compte en cours de route, que tous les problèmes n'ont pas été envisagés.

Pour Roy et Bouyssou (1993), la gestion du processus d'aide à la décision est subdivisée en 7 étapes :

- 1. La recherche des acteurs.

L'acteur principal du processus de décision reste le décideur (un individu ou un groupe d'individus). Il est indispensable de représenter de manière exhaustive les acteurs et leurs points de vue respectifs. Ils doivent également s'impliquer activement dans la procédure.

- 2. L'élaboration des options (termes équivalents : solution, scénarios, actions ou alternatives).
- 3. La définition des critères.

Un critère est « une expression qualitative ou quantitative du point de vue d'objectifs, d'aptitudes ou de contraintes relatives au contexte réel qui permet d'apprécier des options ou des scénarios » (ROY, 1985).

Cette phase est primordiale. Pour être acceptables, les critères retenus doivent :

  - être exhaustifs pour chaque option,
  - être cohérents entre les préférences locales et les préférences globales,
  - être non redondants c'est à dire indépendants.

- 4. Evaluation des actions sur la base des différents critères.

Il s'agit là de définir la performance de chaque option sur chacun des critères. L'ensemble des évaluations peut-être présenté par un tableau à double entrée, appelé matrice des évaluations, dans lequel chaque ligne représente une action et chaque colonne un critère.

- 5. La formation des systèmes de valeur.

Le processus d'aide à la décision doit intégrer les valeurs et les préférences de l'ensemble des acteurs impliqués. Si cette implication est effective tout au long de la procédure (définition concertée des options et des critères, validation de chaque étape…) elle se matérialise plus particulièrement lors de la formalisation des systèmes de valeurs. Cette formalisation s'opère à deux niveaux :

  - la pondération des critères,
  - la production d'informations inter-critères.

La pondération des critères traduit l'aspect subjectif de la préférence (elle permet à chacun d'intégrer ses préférences dans le modèle). La subjectivité n'est donc pas étrangère au processus de décision.

- 6. L'agrégation des performances et la modélisation des préférences globales.

Une fois la matrice d'évaluation des critères remplie, l'agrégation des critères est possible. L'agrégation prend en compte les convergences et les divergences exprimées

par les acteurs dans le processus décisionnel. Elle définit la solution bénéficiant des meilleures évaluations.

- 7. L'analyse de la robustesse.

Cette étape permet de vérifier les fondements des conclusions obtenues. Deux types d'analyses sont à effectuer.

  - La première est appelée « analyse de sensibilité ». Elle consiste à « répéter l'analyse multicritère originale en faisant varier les valeurs attribuées à l'origine aux différents paramètres de la méthode, valeurs qui sont souvent empreintes d'un certain arbitraire. Elle définit les paramètres qui conditionnent le plus étroitement la solution choisie, c'est-à-dire où il suffit d'une faible modification pour changer la solution proposée » (MAYSTRE, 1994, p. 22).
  - Le deuxième type d'analyse est appelé « analyse de robustesse ». Elle « détermine le domaine de variation de certains paramètres dans lequel une recommandation reste stable. Elle sert à fournir au décideur une recommandation synthétique et robuste, qui l'informe quant à la capacité de la solution proposée à résister à des variations entre la réalité et le modèle censé la représenter » (MAYSTRE, 1994, p. 22). L'analyse de robustesse permet aussi de vérifier la capacité du résultat obtenu à résister aux modifications (PICTET, 1996).

Une étape supplémentaire venant compléter les précédentes est ajoutée (PICTET, 1996).

- 8. Recommandation et prise de décision.

Les recommandations doivent être fondées sur les résultats des analyses de robustesse et de sensibilité, elles vont au-delà de la simple exposition des résultats.

Ces étapes ne sont pas nécessairement successives, elles peuvent faire l'objet d'un retour en arrière, de remises en question ou de rétroactions d'une étape à l'autre.

Ainsi, la logique de l'analyse multicritère présente un certain nombre d'atouts pour l'appréhender les problèmes d'aménagements où se confronte plusieurs critères et acteurs.

Les problématiques utilisant l'analyse multicritère mettent en avant deux aspects :

- le découpage méthodologique du processus décisionnel ;
- la reconnaissance de la subjectivité partielle d'une décision et la manière dont celle-ci est intégrée.

1.2. L'analyse multicritère

En tenant compte du processus de prise de décision, l'analyse multicritère cherche à :

- « fournir aux décideurs des outils leur permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte » (VINCKE, 1999) ;
- « aider les décideurs à organiser et synthétiser leurs informations afin qu'ils se sentent à l'aise avec leur prise de décision » (JOËRIN, 1998) ;
- « apporter des moyens pour accroître la cohérence entre la décision finalement arrêtée et les objectifs et/ou systèmes de valeurs qui sont ceux des acteurs engagés dans un processus d'aide à la décision » (STP in MOLINES, 2003).

Comme l'écrit Roy *« intervenir dans un processus de décision n'est qu'exceptionnellement trouver une solution à un problème. C'est le plus souvent, imaginer des compromis, faire accepter un arbitrage dans une situation de conflit »* (ROY, 1993).

Selon le même auteur la recherche d'une solution optimale suppose l'acceptation de trois contraintes :

- la globalité (elle englobe tous les aspects du problème) : l'on ne peut dégager qu'une seule solution. Elle est complète et suffisante. Cette contrainte est utopique pour Roy, puisque ces actions sont souvent partielles et complémentaires dans la finalité du projet.
- la stabilité : les options potentielles demeurent stables durant tout le processus de décision. De nouvelles contraintes ne peuvent pas s'ajouter à l'ensemble de départ.
- la comparabilité : devant deux actions, on est soit indifférent face aux deux, soit en situation de préférence de l'une des deux (préférence stricte). Ces deux actions sont transitives :

  Si « a » est préférée à « b » et « b » préférée à « c » alors « a » sera préférée à « c » ou si « a » égale « b » et « b » égale « c » alors « a » égale « c ».

Face à cette hypothèse, deux critiques sont avancées :

- l'incomparabilité : un décideur peut avoir à choisir entre deux projets complètement différents l'un de l'autre (donc difficiles à comparer) mais revêtant tous deux un intérêt ;

- l'intransitivité : l'indifférence n'est pas transitive comme la notion d'égalité car elle peut comporter *« une préférence qui n'est pas suffisante pour être humainement ressentie et exprimée »* (SCHÄRLING, 1985, p. 21). La préférence est, elle, transitive.

Cependant, malgré cette complexité, il est possible d'organiser les informations de façon logique et structurée afin d'aider à la décision (SAATY, 1984, p. 231).

Les méthodes multicritères sont classées selon deux types (MAYSTRE in MOLINES 2003) :

- la problématique de décision,
- le type d'agrégation.

1.2.1. Typologie par rapport à la problématique de décision.

La solution optimale n'existant pas (ROY, 1985), les méthodes multicritères ont pour objectif de faire apparaître la ou les solutions correspondant le mieux aux paramètres fixés. Quatre problématiques couvrent toutes les éventualités :

- une problématique de choix consistant à sélectionner les meilleures options ;
- une problématique de tri où les options potentielles sont prédéfinies : les actions ne sont pas comparées entre elles mais affectées à l'une des catégories ;
- une problématique de rangement : l'ordre de préférence détermine le classement d'options et le rangement recherché déterminera donc l'ordre des solutions ;
- une problématique de la description consistant à décrire des options ou leurs conséquences de façon systématique et formalisée ; cette procédure cherche davantage à améliorer la formulation d'un problème qu'à le résoudre.

1.2.2. Typologie par rapport au type d'agrégation

Les méthodes multicritères d'agrégation sont de plusieurs types :

- agrégation complète transitive : on agrège les résultats obtenus par chaque critère pour n'avoir au final plus qu'une valeur unique ;
- agrégation partielle : on désire respecter les notions d'incomparabilité et d'intransivité. On compare les actions potentielles deux par deux afin d'établir entre ces éléments des relations de surclassement. Deux actions peuvent être au moins aussi bonnes l'une que l'autre, sans qu'il y ait de raison importante de refuser cette affirmation (ROY, 1985).

- agrégation locale et itérative : par une interaction entre l'homme d'étude et le décideur, on cherche à mettre en exergue un compromis acceptable. On part d'une solution de départ que l'on essaie d'améliorer par une exploration locale et itérative.

1.3. Les méthodes multicritères

Deux écoles scientifiques s'opposent : l'école américaine et l'école française.

D'un coté, l'école américaine, normative, considère qu'un schéma de préférences global peut-être exprimé avant de prendre en compte les alternatives, sous la forme d'une agrégation de préférences entre critères (YANNOU in MOLINES, 2003). De l'autre coté, l'école française, constructiviste (ROY, 1985), suppose qu'aucun schéma prédéfini de préférences n'existe dans l'esprit du décideur avant que le processus de choix ne débute.

1.3.1. Les méthodes multicritères d'agrégation complète

La méthode de l'agrégation complète (dite de « l'école américaine ») est liée à la théorie de l'utilité. Elle vise à mesurer l'utilité globale d'une action. Cette méthode présente les résultats sous forme de classement unique, le choix de la technique (choix, tri, rangement) n'a pas d'importance. Avec un classement unique, on peut à la fois désigner la meilleure action (problématique du choix), les bonnes actions (problématique du tri) et les meilleures actions (problématique du rangement).

Cette théorie évalue l'utilité d'une alternative (aussi appelée utilité globale ou coût global) que l'on cherchera ensuite à optimiser. Cette évaluation se fait en deux temps. Dans un premier temps, l'option est évaluée critère après critère. On obtient ainsi l'utilité partielle de l'option sur un critère donné. Dans un deuxième temps, ces utilités partielles sont agrégées (par addition ou produit) afin d'obtenir l'utilité globale de l'option. Les options sont ensuite classées en fonction de leur utilité globale. Cette approche permet de passer du multicritère au monocritère et repose sur l'idée qu'il existe d'une part une décision dite optimale et, d'autre part, une fonction d'utilité capable de modéliser les préférences du décideur.

Nous pouvons citer comme exemple de méthodes d'agrégation complète la « Multi Attribute Utility Theory » (MAUT) ou Analytical Hierarchy Process (AHP) développée par Saaty en 1980.

Notre analyse multicritère est basée sur cette dernière méthode. Nous la détaillons à la différence des autres méthodes.

1.4. La méthode AHP (Analytical Hierarchy Process / Procédé Analytique Hiérarchisé)

La méthode AHP, permet d'établir un ensemble de poids relatifs pour un groupe de facteurs dans le cadre d'une évaluation multi-critères).

Cette méthode se divise en 3 étapes.

- La première correspond à la décomposition des objectifs en une structure hiérarchique.
- La seconde concerne l'élaboration des performances (déterminer l'importance de la contribution d'un élément dans la résolution du problème). Ce processus fonctionne par la comparaison séquentielle de paires de critères (chaque critère est évalué relativement à tous les autres, dans une série de comparaisons un à un). L'importance relative d'un critère par rapport à un autre est estimée sur une échelle de pondération continue de 9 niveaux. Le poids relatif de chaque paire de critères est ainsi déterminé sur l'échelle de mesure suivante illustrée par le Tableau 7-1 :

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extrêmement	Très	fortement	modérément	également	modérément	fortement	très	Extrêmement
Appréciation négative / Moins important					Appréciation Positive / Plus important			

Tableau 7-1. Echelle de pondération continue (EASTMAN, 1995)

On obtient ainsi une matrice de comparaison par paires. Pour produire le meilleur ajustement de l'ensemble des poids, la procédure a besoin du vecteur propre principal de la matrice de comparaison par paire. Pour réaliser le vecteur propre principal, les coefficients de pondération sont normés c'est à dire que les comparaisons sont analysées pour produire des coefficients de pondération dont la somme est égale à 1. Cette caractéristique est nécessaire pour effectuer une combinaison linéaire pondérée.

La matrice de comparaison par paires contient les valeurs d'importance relative des facteurs qui peuvent être déterminées selon une grande variété de cheminement. Il est très important de caractériser le degré de cohérence d'assignation de ces poids. Saaty propose une procédure de production d'un indice global de cohérence (« *consistency ratio* ») qui *« évalue la probabilité que les pondérations soient assignées de manière aléatoire* » (EASTMAN, 1995). Si la valeur de l'indice est strictement supérieure à 0,10 il est nécessaire de réévaluer la pondération par paire de facteurs de cette matrice. Cet indice teste la sensibilité de la matrice.

- La troisième, enfin, consiste à agréger en un critère unique l'ensemble des contributions.

1.4.1. Les méthodes multicritères discrètes ou d'agrégation partielle

La méthode d'agrégation partielle (dite de « l'école française constructiviste »), présuppose qu'aucun schéma prédéfini de préférences n'existe dans l'esprit du décideur (le concepteur-réalisateur) avant que le processus de choix ne débute. Le choix va donc se faire à partir des préférences affichées du décideur entre les alternatives (éléments, décisions ou solutions) et la façon dont elles satisfont aux critères (critères d'appréciation) que nous appellerons attributs (performances fonctionnelles des solutions). Les méthodes « ELECTRE » sont fondées sur l'enregistrement de préférences (fortes, faibles ou d'indifférence) entre les attributs et les alternatives. Lorsque ces préférences ne sont pas en nombre suffisant pour départager les alternatives, des questions peuvent être posées au décideur.

Dans les méthodes d'agrégation partielle, la comparaison de deux scénarios (A et B) est basée sur la vérification des hypothèses de surclassement. Les méthodes d'agrégation partielle acceptent les postulats d'intransitivité et d'incomparabilité.

Pour Roy (1985), *« Une relation de surclassement est une relation binaire **S** définie dans **A** telle que **aSb** si, étant donné ce que l'on sait des préférences du décideur et étant donné la qualité des évaluations des actions et la nature du problème, il y a suffisamment d'arguments pour admettre que **a** est au moins aussi bonne que **b**, sans qu'il y ait de raison importante de refuser cette affirmation ».*

La validité du surclassement d'un scénario par rapport à un autre est obtenue à partir de deux indices :

- la concordance (« y a-t-il suffisamment d'arguments pour admettre »)
- la discordance (« y a-t-il une raison importante pour refuser »).

Une fois ces deux indices calculés, on va pouvoir déterminer la relation entre *A* et *B*. Dans la méthode d'agrégation partielle il existe quatre relations possibles :

- préférence de A sur B,
- préférence de B sur A,
- indifférence entre A et B,
- incomparabilité.

Ces surclassements concernent à chaque fois deux actions. Il faut donc passer en revue, critère après critère, toutes les paires ordonnées (la paire *a/b* étant différente de la paire *b/a*) qu'il est possible de constituer dans l'ensemble *A*.

Les méthodes d'agrégation conservent les données dans leur format initial. Ainsi, ce traitement, sans distinction des données ordinales et cardinales, tient compte de l'effet de chacun des critères et présente des avantages pour les études environnementales ou les questions d'aménagement du territoire.

Ces méthodes, en formalisant les étapes d'évaluation et en définissant la responsabilité des décideurs, contribuent à rendre le processus de décision plus explicite (MAYSTRE, 1994, p. 22). Cet intérêt est souvent mis en avant par les utilisateurs.

Cependant, ces méthodes étant fondées sur la comparaison deux par deux de toutes les solutions, sont difficilement applicables dans les problématiques de localisation dans lesquelles chaque espace peut être considéré comme une localisation éventuelle. Il est nécessaire de procéder à la réduction du nombre de variantes avant de débuter l'analyse multicritère (JOËRIN, 1995).

Les méthodes « ELECTRE » ou « PROMETHEE » (Preference Ranking Organisation METHods for Enrichment Evaluation) sont des exemples de méthodes d'agrégation partielle.

1.4.2. Les méthodes interactives

Une méthode interactive « consiste en une alternance d'étapes de calculs et d'étapes de dialogue avec le décideur. La première étape de calcul fournit une première solution. Celle-ci est présentée au décideur qui réagit en apportant des informations supplémentaires sur ses préférences (étape de dialogue). Cette information est injectée dans le modèle utilisé et permet de construire une nouvelle solution » (VINCKE, 1989).

Ces méthodes reposent sur deux considérations essentielles :

- la décision est un processus d'apprentissage auquel participent le décideur et l'homme d'étude,
- le champ des options est relativement restreint au départ (SIMOS, 1990).

Le processus d'aide à la décision doit permettre une progression vers une solution. L'approche interactive débute lorsque les approches d'agrégation complète ne peuvent plus apporter de réponse. Quand la décision ne peut être prise (l'incertitude est encore trop grande) on reconnaît la limite du décideur à énoncer clairement ses préférences. On procède alors avec lui à une évaluation étape par étape en modifiant les évaluations d'un ou plusieurs critères à la fois.

La méthode STEM appartient aux méthodes interactives. Si elle est particulièrement simple et économe en termes de calcul, elle est irréversible et ne favorise guère l'apprentissage par essai erreur (ROY, 1993). Ainsi, lorsque l'on désire effectuer une

modification, il est nécessaire de reprendre l'analyse depuis le début. De plus, elle ne garantit pas que la solution acceptée soit optimale (VINCKE, 1989).

Enfin, ces méthodes nécessitent une grande disponibilité de la part du décideur qui est amené à réagir tout au long de l'étude.

1.5. Conclusion sur l'analyse multicritère pour l'aide à la décision

Cette rapide présentation nous a permis d'avoir un aperçu de la philosophie de l'aide à la décision multicritère ainsi que de ses différentes approches théoriques.

La logique multicritère présente un certain nombre d'atouts pour l'appréhension de problématiques multicritères et multi acteurs et l'on peut en relever deux aspects plus particulièrement avantageux. Le premier concerne la structuration méthodologique du processus décisionnel de gestion. Le second correspond à la reconnaissance de la dimension partiellement subjective de la décision, et au-delà même de cette reconnaissance, à la manière dont celle-ci est intégrée.

2. LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)

En 1989, la Société française de Photogrammétrie et de télédétection a défini le SIG comme étant « un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement (géoréférencées). L'ensemble des informations géographiques intégrées dans le SIG forme une base de données géographiques ».

Le SIG permet donc de gérer une multitude d'informations de tous types (images satellitaires, photos aériennes, cartes, données chiffrées, bases de données...), de les mettre à jour très rapidement, de faire des requêtes (classiques et spatiales), d'appliquer des règles de topologie et de générer de nouvelles couches d'informations par le biais de ces croisements. Avec les SIG, « *les cartes se libèrent du papier et nouveaux domaines s'ouvrent à son utilisation* » (GUERMOND, 2000).

Un logiciel SIG est un système de gestion de bases de données (SGBD) géoréférencé. Il comprend (une ou) plusieurs couches d'informations géographiques qui peuvent entretenir des relations entre elles, être croisées, interrogées... Les SIG fonctionnent :

- soit en mode « raster »
- soit en mode « vecteur ».

2.1. Les SIG « raster »

Ce mode correspond à une division régulière de l'espace sous forme de cellules ou de mailles généralement carrées appelées pixels, qui définissent la précision minimale de la représentation. Le pixel est la plus petite unité géographique dans un SIG. Ils ont tous même forme et surface.

La taille des pixels (maille, cellule) est uniforme sur toute l'aire géographique étudiée. A chaque pixel une valeur attribut est assignée. La résolution dépend de la taille de la cellule (pixel) de la grille. Plus la cellule est grande, moins l'information est précise, plus la cellule est petite, plus la résolution est grande et plus la base de données est importante. La position des pixels est indiquée par leur n° ligne / n° colonne de la matrice image.

Les données géographiques sont représentées par les différentes valeurs que prennent les pixels : 1 = champ, 2 = ferme, 3 = rivière…

Le mode raster s'applique aux traitements d'images (satellitaires, photos aériennes).

Il est facile d'utilisation car les données apparaissent sous forme de tableau. Par rapport au mode vecteur, la dimension thématique est donnée par des valeurs numériques de la grille et la dimension spatiale est déduite de la position relative du pixel dans la grille.

Le croisement des données est facile à réaliser : toutes les grandeurs sont ramenées à la même unité spatiale de base (le pixel).

2.2. Les SIG « vecteur »

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers des formes géométriques élémentaires : les points, les polylignes ou les polygones.

Les points définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

Les polygones représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols... ils décrivent des surfaces.

Par conséquent, les SIG « vecteur » donnent une représentation spatiale plus conforme à la réalité (localisations et dimensions des objets). Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

Les opérations classiques de topologie utilisées dans les logiciels fonctionnant en mode vecteur rendent limités les croisements d'information.

2.3. Intégration entre S.I.G. et méthodes d'analyse multicritère

Les SIG permettent, sur une zone spatialement délimitée (grande ou petite), de créer, traiter, croiser et stocker de grandes quantités d'informations. Ils produisent ainsi de l'information à des échelles variées ce qui se révèle utile pour les analyses spatiales environnementales, territoriales... Enfin, ce sont des supports non négligeables de communication (production et automatisation de la cartographie).

Malheureusement, ce type d'outil, en ne gérant que de l'information spatialisée statique, « reflète essentiellement les dimensions physiques et matérielles du territoire » (ROCHE, 2000, p. 81).

L'impossibilité d'intégrer des informations non spatialisées dans les SIG limite leur utilisation. Leur configuration actuelle pose également des problèmes pour la résolution de certains problèmes. En effet :

- l'agrégation des informations produites pour en tirer un classement ou un choix n'est pas possible ;
- le mode vectoriel rend limité le croisement d'informations (opérateurs logiques et non arithmétiques) ;
- l'intégration des systèmes de valeurs est difficile.

L'analyse multicritère a pu se développer, notamment sur les questions d'analyses spatiales, là où les SIG ont achoppé. Cette méthode est bien adaptée à l'analyse et à l'évaluation des différents impacts, quantitatifs ou qualitatifs, relatifs à des projets d'envergure. Elle améliore aussi le processus décisionnel dans lequel les points de vue des différentes parties prenantes d'un projet sont pris en compte.

Ainsi, l'association de ces deux outils (AMC et SIG) constitue une réponse adaptée à nombre de problématiques et celle concernant le présent travail ne fait pas exception. En effet, nous nous sommes rapidement aperçus de l'inadaptation des SIG comme unique outils de réponses aux questions posées par l'interaction entre transports publics et structuration de l'espace périurbain.

Nos premières simulations ont été réalisées sur le SIG *Geoconcept* fonctionnant en mode vecteur. Les opérations de topologie classiques utilisées dans *Geoconcept*, rendent les croisements d'information limités. Avec les requêtes portant sur des bases de données associées à des objets, on se retrouve rapidement piégé dans le choix restreint de la logique « Booléenne » (oui / non, vrai / faux).

Par ailleurs, s'agissant d'un mode objet il n'existe pas de nuances. L'objet fait ou non partie de la solution. Ce type de contraintes réduit fortement la recherche d'espaces adaptés pour l'implantation d'un système de tram-train. Le SIG vecteur seul n'est pas adapté à notre problème, à la différence du SIG raster.

Le passage du SIG vecteur au SIG raster nous a permis d'intégrer l'analyse multi critère dans notre démarche. Notre choix s'est porté sur le SIG *Idrisi* qui intègre un module d'analyse multicritère.

Nous disposions dans *Idrisi* de la méthode d'analyse multicritère Analytical Hierarchy Process ou Procédé Analytique Hiérarchisé (AHP). Cette méthode, qui appartient à la famille des méthodes d'agrégation complète, a été développée par T. SAATY en 1980. Elle repose sur la combinaison de critères (les facteurs et les contraintes) en vue de désigner une solution « optimale » au problème posé.

Le passage d'un outil d'analyse (ayant une philosophie différente) à un autre s'est accompagné d'un changement dans l'appréciation du problème. Le raisonnement ne concernait plus les objets (en tant qu'objet unique et indivisible) mais la surface composant cet objet (objets divisibles en pixels). Nous avons dû résoudre quelques difficultés techniques inhérentes aux différents formats de fichier utilisés dans les deux logiciels. Le transfert des données provenant de cartes au format vectoriel vers des cartes au format raster, nécessite l'utilisation de fichier de transfert intermédiaire. Les transferts directs n'étant pas possibles, il faut jongler avec plusieurs types de fichiers. Les plus courants pour ce genre de manipulation sont les formats MIF/MID, DXF et ShapeFile (SHP). Le format shape a joué le rôle de passerelle. *In fine*, l'association de ces deux outils (AMC et SIG) a constitué une réponse adaptée à notre problématique.

En utilisant ce SIG intégrant une AMC, nous avons conservé les avantages que procurent les SIG en matière de gestion et de visualisation de l'information (une vue cartographique immédiate de nos résultats). En travaillant en mode raster sur *Idrisi*, l'analyse multi critère fait apparaître tous les pixels sur la carte de résultat quel que soit l'intérêt du pixel (bon score ou mauvais score).

3. LA METHODE DEVELOPPEE POUR LE TRAM TRAIN

Le choix du tracé d'une ligne de transport en commun tant en milieu urbain qu'en milieu périurbain n'est pas trivial. En effet, la circulation des transports en commun et la pérennité de leur fonctionnement nécessitent de concilier les impératifs du transporteur (financiers notamment) et service proposé aux usagers (temps d'accès, vitesse commerciale, fréquence de passage…). Ces différents éléments sont primordiaux pour appréhender les questions de transport. Ils sont par ailleurs étroitement liés et engendrent, selon leur appréciation, leur ajustement et leur orchestration par les décideurs, un cercle soit vertueux soit vicieux de dynamisme des transports publics.

Pourtant, ce sont les espaces traversés qui déterminent la demande de fréquentation du mode de transport et contribuent à la définition de l'offre de trafic. En somme, il faut que les espaces considérés soient capables de générer des flux sortants et entrants stables et importants dans le temps (à l'échelle de la journée comme à celle de la semaine ou du mois !).

Pour l'implantation d'un système de tram-train, nous avons cherché à identifier quels types d'informations étaient nécessaires pour délimiter le tracé de la ligne, les aménagements nécessaires sur la voie ferrée et les emplacements des futures stations d'arrêt. Implicitement, l'emplacement d'un système de tram-train nécessite la recherche de zones potentiellement intéressantes eu égard aux déplacements, aux populations résidentes, aux activités économiques existantes, à l'occupation du sol… en somme dans une démarche d'Analyse Multi Critère, ce que nous venons d'exposer revient à identifier les facteurs et les contraintes.

3.1. La méthode AMC appliquée au tram-train.

Cette méthode nécessite d'avoir identifié les critères (facteurs et contraintes).

Les facteurs correspondent aux éléments qui contribuent à l'emplacement du système tram-train à tel ou tel endroit. Les contraintes expriment les zones d'implantation impossibles pour des raisons topographiques, administratives…

L'infrastructure du système tram-train étant (relativement) immobile une fois installée, son implantation doit en conséquence être bien réfléchie !

3.1.1. La population étudiée préfigure les critères

L'identification des lieux d'implantation passe par la définition de la population, considérée comme clientèle probable. Car, si le système tram-train concerne toutes les franges de la population, qu'elles habitent en milieu périurbain ou urbain, nous devons nous

demander qu'elle sera la clientèle la plus probable, la plus constante et la plus régulière à long terme !

Nous avons tenté d'identifier cette population à travers une série de question :

- *« qui sont les gens qui se déplacent ? »*
- *« d'où partent-ils ? »*
- *« vers où se déplacent-ils ? »*
- *« comment se déplacent-ils ? »*
- *« quand se déplacent-ils ? »*
- *« pourquoi se déplacent-ils ? »*

Toutes les populations peuvent être prises en compte mais c'est véritablement la population active qui demeure la plus facile à étudier ; celle pour laquelle nous possédons le plus de réponses aux questions que nous avons posées précédemment, ainsi :

- La population la plus facilement identifiable à travers le *« qui »* est la population active.

En reprenant la suite des questions nous avons pour le :

- *« où »*, le domicile et le lieu de travail comme point de départ et d'arrivée.
- *« comment »*, la voiture particulière comme mode principal de déplacement.
- *« quand »*, les heures de pointe du matin et du soir. Elles correspondent aux heures de déplacements massifs des actifs.
- *« pourquoi »*, les déplacements domicile travail.

Par ailleurs, les informations concernant la population active sont facilement disponibles dans les Recensements de la Population réalisés par l'INSEE. Celui de 1999 a retenu notre attention :

- d'une part, c'est le plus récent et exhaustif,
- d'autre part, il comporte, à la différence des précédents, des données sur les déplacements domicile travail inter communal.

Grâce à ces questions et aux données du Recensement Général de la Population de 1999 nous avons pu entrevoir une modalité du fonctionnement/d'implantation du système tram-train sur un territoire.

Les données du RGP sont riches et adaptées pour l'analyse des populations résidentes, employées et actives à l'échelle communale. Cependant, ne disposant ni des

données à l'îlot, ni du fond de carte correspondant, toutes les analyses menées à une échelle plus fine ont donné lieu à une désagrégation de l'information.

Par ailleurs, ne disposant pas d'informations précises sur les déplacements de loisirs, ce pan là n'a pas pu être étudié.

Ces remarques étant faites, quels critères avons-nous pris en compte pour monter notre modèle d'analyse multi critère ?

3.1.2. Les critères

La création d'une infrastructure de transport en commun en site propre présente un intérêt si des zones générant du trafic entrant ou sortant telle que des zones résidentes « denses », des zones d'activité… sont desservies et irriguées par les transports de manière fine, performante et attractive. La recherche des arrêts peut avoir une incidence importante sur l'aménagement du territoire. Peut-elle être un levier dans l'organisation, l'allocation et la gestion des ressources spatiales, dans la réappropriation et la requalification des espaces (contrôle sur la périurbanisation et la dilution des activités dans l'espace) ?

Nous avons dans un premier temps identifié l'ensemble des critères à notre disposition pour ensuite les répartir soit en facteurs soit en contraintes.

3.1.2.1. Les facteurs

Le choix des facteurs est lié à la définition des zones qui doivent être desservies, irriguées par le tram-train. Ils ne sont pas tributaires de la population retenue (la population active) mais de toutes les populations susceptibles d'utiliser ce mode de transport. La population retenue est un moyen de tester numériquement la méthode. Ces zones devaient répondre aux contraintes suivantes : être denses en population résidente (zones regroupant la plus grande probabilité de futurs usagers, toutes choses étant égales par ailleurs), accueillir des activités économiques et scolaires (elles sont génératrices et réceptrices régulières et stables de migrations alternantes), accueillir des activités de services (privés et publics) et de loisirs et se trouver à proximité des nœuds majeurs de communication.

Les facteurs pris en compte dans notre analyse multi critère sont au nombre de 7. Cette liste de lieux et de zones prise en compte dans le programme de déplacement des actifs et des inactifs n'est pas exhaustive. En effet, la fréquentation des lieux diffère selon l'âge, la situation sociale… et engendre autant de nouveaux déplacements au long de la journée.

Les nœuds du réseau viaire correspondent aux intersections entre les différents axes de circulation à ce réseau. L'information quantitative des flux entrant et sortant à fait l'objet d'un

travail spécifique d'acquisition de données sur le réseau routier sur le SIG (Annexe 7). Les entrées et les sorties des nœuds correspondent aux entrées et aux sorties des effectifs de pendulaires sur les tronçons du réseau viaire. Les nœuds correspondent :

- aux intersections entre routes nationales et routes départementales,
- aux intersections entre routes nationales et autoroutes,
- aux intersections entre routes départementales et autoroutes.

Dans un second temps nous avons classé à l'échelle communale les différents types d'occupation du sol. Nous avons utilisé des cartes d'occupation du sol issues de Corin Land Cover 90[63]. Elles ont été actualisées avec les cartes top 25 de l'IGN éditées en 2000 (Corin Land Cover ne prend pas en compte les zones de moins de 50 hectares et entre 1990 et 2000, l'occupation du sol sur cet espace a été modifiée). Nous avons deux facteurs :

1) Les zones d'activité économique (ce terme regroupe les zones commerciales, le campus universitaire et les zones industrielles). L'information couvre uniquement la surface occupée, aucune donnée supplémentaire n'a été ajoutée.

2) les zones bâties

Plusieurs méthodes d'affectation de la population sur le bâti ont étaient testées. La première pondère la population selon la catégorie de bâti :

- le bâti dense (immeuble)
- le bâti diffus (pavillonnaire)

L'appréciation des types de zones de logement par commune est issue de l'analyse des cartes top 25. Une fois les zones de logement identifiées et délimitées spatialement, nous avons affecté à chaque zone un nombre de logements. Nous avons retenu comme logement les résidences principales de type immeubles collectifs et les résidences principales de types maisons individuelles (INSEE, recensement général de la population 1999). Les logements par zone ont été pondérés au prorata de la surface de la zone auxquels ils appartiennent.

Nous avons adopté cette démarche pour plusieurs raisons.

- l'acquisition de données fines était trop onéreuse pour toute la zone
- nous ne disposions pas de données statistiques pour une échelle plus fine que la commune.

[63] Corin Land Cover est un projet européen qui analyse l'occupation des sols européens. La technique de base consiste à interpréter des photos prises par satellite des territoires étudiés et représentant ceux-ci à l'échelle du 1/100 000e. Les spécialistes d'analyse de ces photos, ou « photo-interpréteurs », étudient les images en les découpant en « mailles » de 25 hectares, chacune étant affectée, selon son utilisation, en une catégorie parmi quarante-quatre (terre arable, forêt, prairie, ville, surface en eau, etc.). Cette méthode permet d'observer les évolutions dans le temps, une première base photographique a été constituée en 1990 et une seconde en 2000 (disponible depuis peu). Elle est cependant grossière, dans la mesure où il faut un changement portant sur 5 hectares pour enregistrer une modification, les maisons isolées ne sont pas prises en compte.

Pour l'affectation des effectifs à chaque zone bâtie de chaque commune, nous avons calculé le nombre moyen d'habitants par type de logement par commune. Nous avons ainsi pondéré la population en fonction du type de bâti (dense ou diffus) et de la surface au sol qu'il occupe.

La population résidente a été pondérée en fonction du type de bâti (dense ou diffus) et de la surface au sol qu'occupe ce dernier.

La seconde méthode est moins compliquée et moins sujette à caution. Elle considère la « *densité nette* » (PUMAIN, 1998, p. 182). C'est celle que nous avons retenu. Pour toutes les communes, nous avons calculé le nombre d'habitants au km² par rapport aux zones de bâti. L'indicateur de « *densité brute* » (PUMAIN, 1998, p. 182) de population par commune n'a donc pas été retenu en particulier parce qu'il ne tient compte que de la surface totale de la commune.

Les informations relatives aux effectifs des collèges et des lycées proviennent du rectorat de l'académie de Grenoble. Les effectifs correspondent au nombre d'élèves inscrits dans chaque établissement à la rentrée scolaire 2005.

Pour les établissements publics comme pour les gares nous ne disposons pas d'indicateur de fréquentation. En ce qui concerne les établissements publics nous avons retenu les mairies. Bien entendu, cette liste de lieux et de zones entrant en compte dans le programme de déplacement des actifs et des inactifs n'est pas exhaustive. En effet, la fréquentation des lieux diffère selon l'âge, la situation sociale… et engendre autant de nouveaux déplacements au long de la journée. En ce qui concerne les gares de la zone, nous avons retenu les 8 dans notre analyse qu'elles soient ouvertes ou non au trafic voyageur car elles peuvent toutes constituer potentiellement des arrêts. En effet, même si certaines sont fermées aujourd'hui, elles existent tout de même et peuvent être à nouveau ouvertes, au trafic voyageur et servir de station d'arrêt (ainsi la gare de Lancey a été ré ouverte en septembre 2005).

3.1.2.2. Les contraintes

Les contraintes sont de type booléen. Elles agissent comme éléments exclusifs. Elles désignent les zones où nous avons considéré le passage d'un tram-train comme impossible eu égard aux pentes, aux risques d'inondations, aux types d'occupation du sol, aux réglementations… Nous avons retenu :

- les pentes supérieures à 10 %, issues du Modèle Numérique de Terrain du département de l'Isère (38),
- les tracés des cours d'eau (Corin Land Cover et cartes IGN),

- les surfaces qu'occupent les plans d'eau (Corin Land Cover et cartes IGN),
- le périmètre de l'aérodrome du Versoud (Corin Land Cover et cartes IGN),
- le tracé de l'autoroute A 41 (cartes IGN).

Ces contraintes ne sont pas exhaustives. Idéalement nous aurions dû faire figurer les zones d'inondation. Ces dernières étant en phase de redéfinition nous avons préféré ne pas les intégrer dans notre AMC.

3.2. La carte de visualisation des critères

L'AMC a été réalisé à l'aide du logiciel SIG *Idrisi.* Les facteurs et les contraintes sont ainsi illustrés à l'aide de cartes.

- Les cartes de contraintes sont définies comme des images booléennes (vrai / faux). Chaque zone désignant une contrainte prend la valeur « 1 » (passage de ligne impossible), les autres zones prennent la valeur « 0 » (passage de la ligne possible).
- Les cartes de facteurs représentent des zones continues spatialement. A la différence des contraintes, les limites de validité des facteurs sont progressives, non brutales.

Nous avons utilisé plusieurs fonctions pour réaliser nos cartes de critères.

3.2.1. La fonction « FUZZY »

Pour réaliser les cartes de facteurs nous avons utilisé une fonction qui répond à cette logique « floue » la fonction «*fuzzy* ». Cette fonction évalue la possibilité que chacun des pixels appartienne à un ensemble flou sur la base d'une série de fonction d'ensemble flou. Ces fonctions sont définies en 4 points ordonnés du plus petit au plus grand sur l'échelle de mesure. Ces quatre points, nommés *a*, *b*, *c* et *d* sur la Figure 7-1 déterminent la forme de la courbe. Dans notre cas, la fonction est décroissante de 1 à 0, les points *a* et *b* sont confondus avec le point *c* (point à partir duquel la fonction commence à décroître) et le point *d* est celui ou la fonction prend la valeur 0.

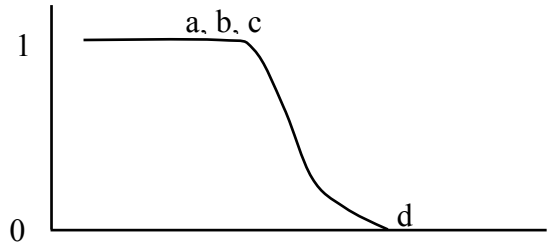


Figure 7-1. Fonction d'appartenance en forme de S

Le Tableau 7-2 indique les modalités de la fonction « *fuzzy* » pour chaque facteur. Pour l'ensemble des facteurs, nous avons défini des fonctions décroissantes monotones. L'unité de mesure de chaque point est le mètre.

Ensembles flous (fonction sigmoïde en S) / Facteurs	**Point a** (en mètres)	**Point b**	**Point c**	**Point d**
Zones d'activité économiques	150	150	150	750
Collèges	150	150	150	1000
Lycées	150	150	150	1000
Mairies	150	150	150	750
Nœuds de communication	150	150	150	1000
Gares	1000	1000	1000	1500

Tableau 7-2. Fonction « Fuzzy » pour chaque facteur

3.2.2. La fonction « FILTER »

Sur le facteur densité du bâti nous avons utilisé la fonction « *filter* » (lissage spatial).

Cette fonction permet de modifier la valeur de tous les pixels d'une image en se basant sur la valeur originelle du pixel étudié et celle de ses huit voisins immédiats. La nature de cette transformation dépend des valeurs contenues dans une matrice carrée 3*3, constituant le noyau du filtre. Le pixel et ses huit voisins sont multipliés par la valeur correspondante des coefficients de la matrice. Le résultat de cette opération détermine la nouvelle valeur du pixel.

Concernant la densité de population du bâti, nous avons utilisé un filtre moyen 3*3 pour lisser les valeurs. La matrice de lissage (Figure 7-2) est un filtre moyen, il se lit en commençant de gauche à droite et du haut vers le bas :

Filtre moyen

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

Figure 7-2. Matrice de lissage

3.2.3. Le module « MCE » (multi criteria evaluation)

Ce module est l'outil d'aide à la décision pour l'évaluation multi-critères utilisé dans Idrisi. La mise en œuvre de ce module est effective dès que les facteurs et les contraintes sont définis. La décision finale est donc tributaire des critères retenus.

Dans le cadre d'une évaluation multi-critères, l'ensemble des critères (facteurs et contraintes) est traité comme une combinaison unique des critères conduisant à la décision en fonction d'un objectif unique. Il faut être vigilant dans l'application de cette méthode et sur

les résultats obtenus car on passe du multicritère au monocritère (SCHÄRLING, 1985). En permettant d'obtenir un « score final », le pouvoir de décision passe du décideur à l'homme d'étude (THOMSON in MOLINES 2003).

Le résultat d'une AMC effectuée par le « *module MCE* » se traduit par la combinaison des critères qui produit une couche (image) décrivant l'aptitude de chacun des pixels de la zone étudiée à répondre à la question posée.

La « *fonction MCE* » effectue la combinaison linéaire pondérée des facteurs dans un premier temps, puis les contraintes sont appliquées successivement par opération de multiplication pour éliminer les cellules contenant des valeurs nulles.

Pour effectuer la combinaison linéaire des facteurs, il est nécessaire d'affecter une pondération à chacun des facteurs. Ceux ci expriment le poids relatif de chacun des facteurs pour le type d'activité (aptitude) considéré. La somme de ces poids doit être égale à 1.

L'affectation de pondération à chaque facteur peut se faire de deux manières :

- la pondération pour chaque facteur est arbitraire (aucune information n'est donnée sur la valeur de l'indice global de cohérence « *consistency ratio* »),
- on utilise la fonction « *Weight* », elle permet d'obtenir les coefficients de pondération des facteurs (elle fournit également l'indice global de cohérence « *consistency ratio* »).

Une fois les poids des coefficients de pondération des facteurs indiqués, le processus de combinaison débute. Le fichier résultant est une image d'aptitude de format « *byte binary* » contenant des valeurs situées dans le même intervalle que celui des facteurs standardisés.

3.2.4. La fonction « WEIGHT »

Elle permet d'établir un ensemble de poids relatifs pour un groupe de facteurs dans le cadre d'une évaluation multi-critères. Les poids sont déterminés à partir d'une série de comparaisons par paires de facteurs quant à leur importance dans la détermination de l'aptitude des cellules pour un objectif donné. Ces comparaisons par paires sont analysées pour produire des coefficients de pondération normés dont la somme est égale à 1.

On peut être amené selon la nature du travail, à comparer des facteurs quantitatifs à des facteurs qualitatifs or « une moyenne pondérée intégrant, par exemple, l'impact du paysage, et des calculs de distance est difficilement interprétable » (JOËRIN, 1995). Il faut être conscient de cette limite.

La fonction « *weight* » demande de remplir le tableau de comparaison par paires (Figure 7-3) dont le nombre de colonnes et de lignes est égal au nombre de facteurs à considérer. Seul le triangle inférieur de la matrice de comparaison sera évalué (il est symétrique au triangle supérieur).

Pour chacune des colonnes, il faut considérer le poids relatif du facteur de cette colonne par rapport à chaque facteur listé en ligne. Les poids relatifs de ces paires sont déterminés sur l'échelle de pondération continue graduée[64] de 1/9 à 9 (Figure 7-3).

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5	Facteur 6	Facteur 7
Facteur 1	1						
Facteur 2	1/9	1					
Facteur 3	1/3	1/5	1				
Facteur 4	1	5	5	1			
Facteur 5	1/5	1/9	1/9	1/3	1		
Facteur 6	1/3	1/3	1/7	1	1/9	1	
Facteur 7	1	3	9	3	1	3	1

Triangle inférieur de la matrice

Triangle supérieur de la matrice

Figure 7-3. Matrice de pondération paire par paire

Comme la diagonale de la matrice exprime la comparaison des facteurs avec eux-mêmes, leur poids relatif est de 1. La pondération de chaque paire est relative. Ainsi, si deux facteurs sont considérés de même importance, ils auront un poids égal à 1, quelle que soit l'importance de ces deux facteurs parmi l'ensemble des facteurs.

La détermination des poids relatifs fait appel à un jugement partial. Il faut avoir conscience que les jugements de valeurs entrent en compte, il ne faut pas les considérer comme immuables et totalement rationnels. (SCHÄRLING in MOLINES 2003). En effet aucun décideur (qui décide de l'attribution des poids aux facteurs) ne possède la rationalité suffisante pour maximiser une fonction d'utilité (MONTGOLFIER in MOLINES, 2003).

Une fois la matrice de comparaison réalisée, la fonction « *weight* » peut être utilisée.

Cette fonction assigne les poids pour chacun des facteurs et indique l'indice global de cohérence (« *consistency ratio* ») de la matrice. Cet indice évalue la probabilité que les

[64] In Nathalie Molines. French (French 1986 dans Hajkowicz ; Hajkowicz S. et Prato T., Multiple Objective Analysis of Farming Systems in Goodwter Creek Watershed, Centre for Agricultural, Ressource and Environnemental Systems, Columbia, USA, 1998, pp 21) met en évidence l'irrationalité de la procédure AHP. Il appuie sa théorie sur le cas ou un responsable préférerait A à B de 9 et B à C de 9 également. Le responsable devrait alors préférer A à C par 81. Cependant, la préférence maximale qu'offre AHP est de 9…

pondérations soient assignées de manière aléatoire. Une valeur inférieure à 0,1 indique une cohérence satisfaisante, au-delà de 0,1 il est conseillé de réévaluer les poids définis.

La matrice des poids contient une grande diversité de comparaison possible entre 2 facteurs, de manière directe et indirecte. Par ailleurs, les poids des différentes paires interagissent entre elles. La procédure d'évaluation est donc itérative. On fait varier les pondérations tant que le « *consistency ratio* » n'est pas inférieur à 0,1.

Les poids obtenus pour chaque facteur sont rentrés dans la « *fonction MCE* ». La procédure produisant les coefficients de pondération suit la logique proposée par T. SAATY dans le cadre du processus d'analyse hiérarchique (AHP).

Le « *consistency ratio* » à une double utilité :

- il évalue la probabilité que les pondérations soient assignées de manière aléatoire,
- il teste le modèle (test de sensibilité du modèle et test de robustesse).

L'« analyse de sensibilité » consiste à « répéter l'analyse multicritère originale en faisant varier les valeurs attribuées aux différents paramètres de la méthode. Elle définit les paramètres qui conditionnent la solution, c'est à dire ceux où il suffit d'une faible modification pour changer la solution proposée » (MAYSTRE, 1994, p. 22).

L'« analyse de robustesse » cherche « à déterminer le domaine de variation de certains paramètres dans lequel une recommandation reste stable. Elle sert à fournir au décideur une recommandation synthétique et robuste, qui l'informe quant à la capacité de la solution proposée à résister à des variations entre la réalité et le modèle censé la représenter » (MAYSTRE, 1994, p. 22). Cette analyse permet de vérifier la capacité du résultat obtenu à résister aux modifications (PICTET in MOLINES, 2003).

La Figure 7-4 illustre le *modus operandi* d'une AMC réalisée dans *Idrisi*.

Une fois les critères définis, la comparaison des facteurs un à un est possible. Le résultat définitif de l'AMC est issu de la combinaison facteurs / contraintes. Le point suivant décompose les opérations de comparaison des facteurs et de combinaisons de critères.

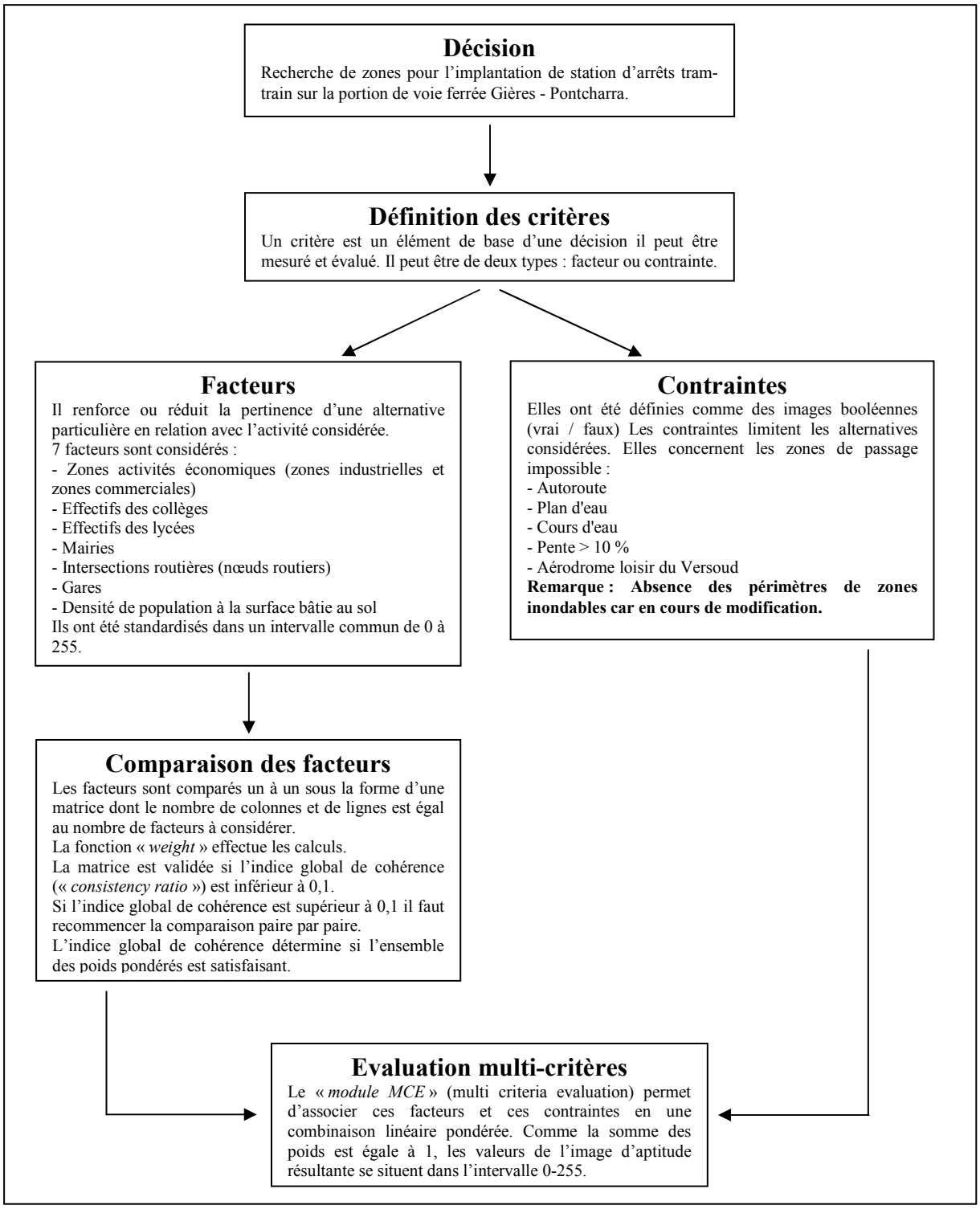


Figure 7-4. Schéma global de l'AMC effectuée

(Les Annexe 8, Annexe 9, Annexe 10, Annexe 11, Annexe 12 et Annexe 13 présentent les opérations nécessaires à la mise ne œuvre de le méthode).

3.3. Détail de la méthode

Nous avons décomposé les opérations nécessaires à la réalisation des cartes et à la combinaison des critères pour effectuer une AMC.

3.3.1. La carte « témoin »

Nous présentons ici la réalisation de la carte Témoin. Il s'agit d'une carte standardisée qui nous permettra de réaliser l'ensemble des tests de sensibilité.

3.3.1.1. Les opérations de comparaison de facteurs

Comme le montre la Figure 7-5 les facteurs sont égaux les uns aux autres. Pour construire la carte témoin nous avons affecté une pondération identique à chaque comparaison de facteurs paire par paire.

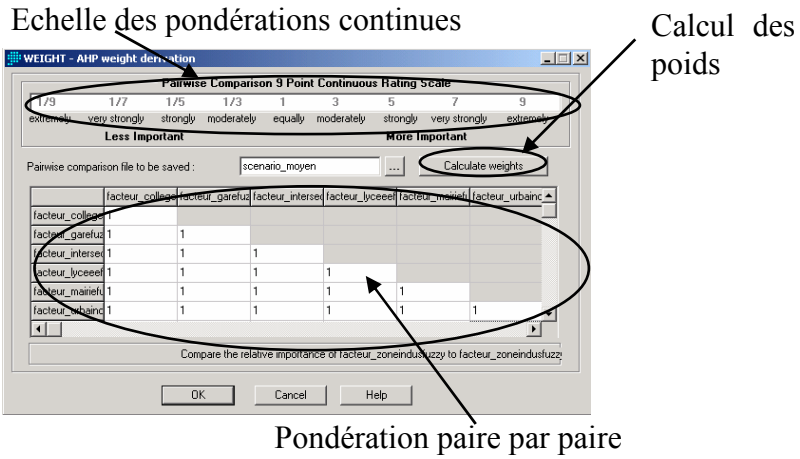


Figure 7-5. Matrice de comparaison de la carte témoin

La fonction « *Calculate weight* » (calcul des poids) donne les résultats suivants :

« The eigenvector of weights is[65] :
facteur_college : 0.1429
facteur_gare : 0.1429
facteur_intersection : 0.1429
facteur_lycee : 0.1429
facteur_mairie : 0.1429
facteur_urbaindensite : 0.1429
facteur_zoneindus : 0.1429
Consistency ratio = 0.00
Consistency is acceptable. »

L'indice global de cohérence étant accepté, nous pouvons effectuer l'analyse multi critère à l'aide du module MCE.

[65] Le poids du vecteur est…
L'indice global de cohérence = 0
L'indice est valable

3.3.1.2. Le module « MCE »

La saisie des fichiers de contraintes et de facteurs (et leur pondération respective) est la dernière opération avant d'activer le processus d'analyse multi critère (Figure 7-6).

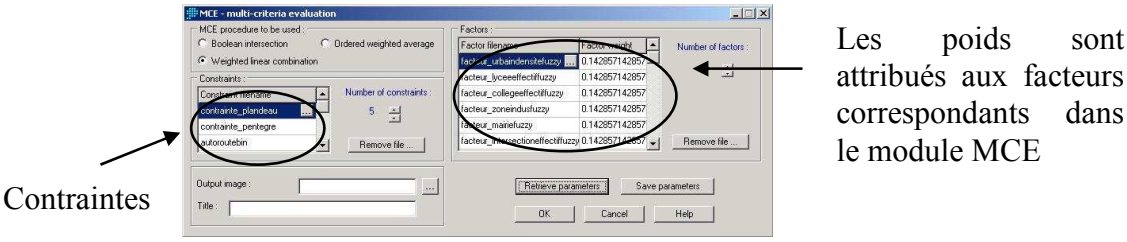


Figure 7-6. Module « MCE » (Multi Criteria Evaluation) pour la carte « témoin »

Le résultat des calculs effectués dans le module MCE se présente sous la forme d'une carte (Figure 7-7). Des noms de communes ont été ajoutés pour rendre la carte plus lisible.

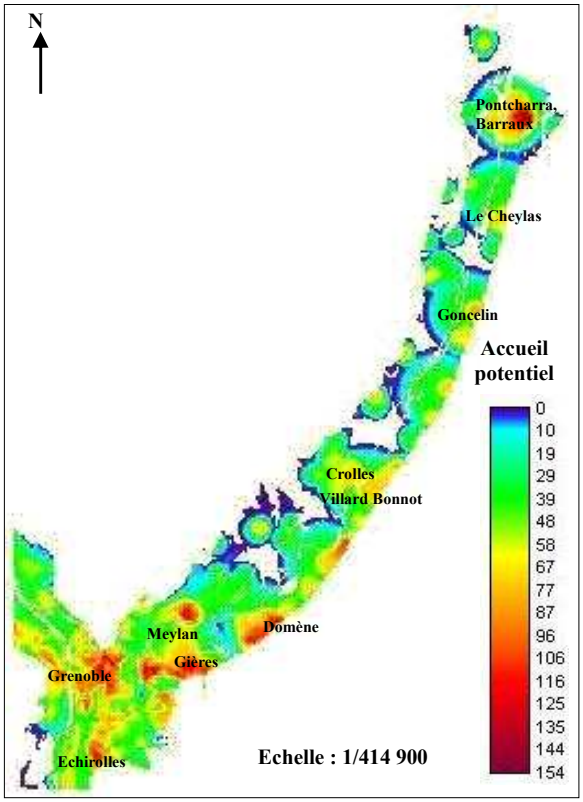


Figure 7-7. Carte « témoin »

Plus les zones sont de couleurs chaudes (jaune-orangé et rouge) plus elles sont susceptibles d'accueillir des stations.

C'est l'inverse pour les zones de couleurs froides (bleu, vert, vert jaune).

3.3.2. Carte « test de sensibilité »

Les tests de sensibilité sont effectués pour chaque facteur. Cette opération sert à identifier l'impact de l'amplitude de variation d'un facteur sur le résultat final. Ce test de sensibilité privilégie l'implantation de stations à proximité des collèges et des lycées.

3.3.2.1. Les opérations de comparaison de facteurs

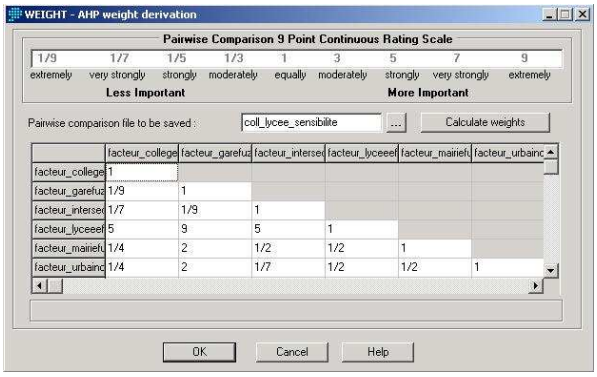


Figure 7-8. Matrice de comparaison des facteurs de la carte « test de sensibilité »

« The eigenvector of weights is :[66]
facteur_college : 0.2665
facteur_gare : 0.1120
facteur_intersection : 0.0894
facteur_lycee : 0.3432
facteur_mairie : 0.0788
facteur_urbaindensite : 0.0655
facteur_zoneindus : 0.0446
Consistency ratio = 0.41 (low). Consider re-evaluating the matrix ».

Nous avons délibérément accentué les pondérations des facteurs dans les tests de sensibilité (Figure 7-8) puisque nous voulons identifier le domaine de variation des facteurs sur la détermination de la solution. Il est donc normal que nous ayons un indice global de cohérence supérieur à 0,1.

Dans le cas d'une évaluation normale, si le test global de cohérence est supérieur à 0,1, il faut examiner la matrice des indices de cohérence pour identifier la paire indiquant l'écart le plus important (Figure 7-9). On peut ainsi agir sur la ou les paires qui montrent l'écart le plus important. Si la matrice de comparaison doit être réévaluée, la matrice des indices de cohérence est fournie accompagnée du texte suivant :

« In the following consistency matrix, values near zero show good consistency. Higher absolute values indicate comparisons that should be reconsidered. »[67]

---

66 Le poids du vecteur est…
L'indice global de cohérence = 0,41 (bas)
Reconsidérer la matrice de comparaison

	facteur_college	facteur_gare	facteur_intersection	facteur_lycee	facteur_mairie	facteur_urbaindensite	facteur_zoneindus
facteur_college	0.00						
facteur_gare	6.62	0.00					
facteur_intersection	4.02	7.75	0.00				
facteur_lycee	-3.71	-5.94	-1.16	0.00			
facteur_mairie	0.62	-3.42	0.87	-2.35	0.00		
facteur_urbaindensite	-0.07	-3.71	5.63	-3.24	0.80	0.00	
facteur_zoneindus	-1.98	-0.51	-0.00	-5.70	0.23	0.53	0.00

Figure 7-9. Matrice des indices de cohérence

L'écart noté dans la matrice des indices de cohérence indique l'importance du changement à apporter pour être parfaitement cohérent. Si la valeur indiquée est de -2, cela signifie qu'il faut déplacer cette valeur de deux rangs inférieurs sur l'échelle des pondérations continues (passer de 5 à 3 ou de 1/3 à 1/5).

3.3.2.2. Le module « MCE »

La saisie dans le module MCE des contraintes, des facteurs et des pondérations associées à chaque facteur (Figure 7-10) nous donne comme résultat la Figure 7-11.

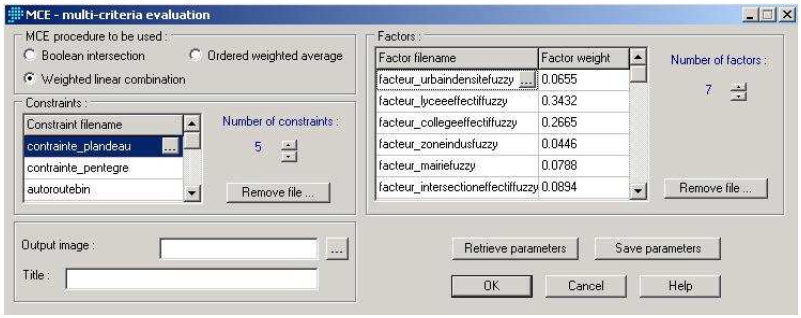


Figure 7-10. Module MCE

Le nom des communes et leur emplacement sont indiqués à titre indicatif afin de faciliter la lecture de la carte.

Plus les zones sont de couleurs chaudes (jaune-orangé et rouge) plus elles sont susceptibles d'accueillir des stations. C'est l'inverse pour les zones de couleurs froides (bleu, vert, vert jaune).

[67] Les valeurs proches de 0 obtenues dans la matrice de cohérence sont cohérentes. Si les valeurs sont trop hautes vous devez relancer la matrice de comparaison.

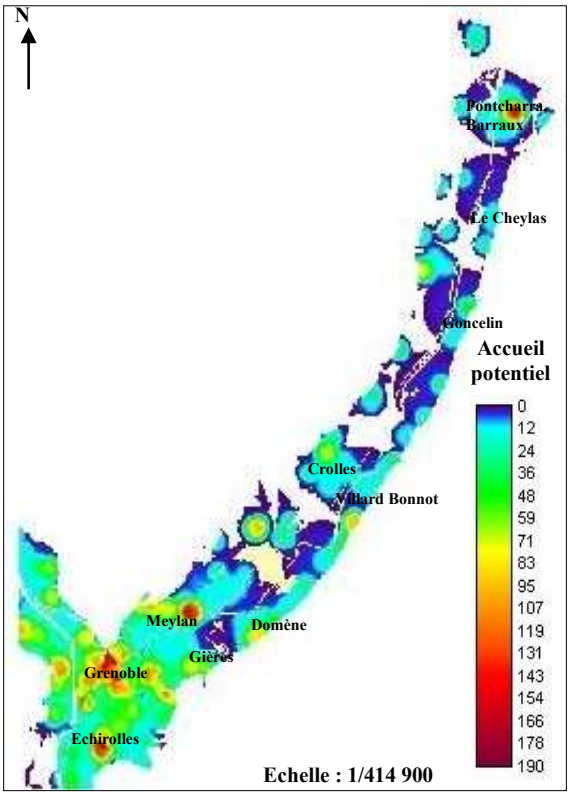


Figure 7-11. Carte « test de sensibilité 1 »

Avec la carte témoin, qui sert de modèle de référence pour établir des comparaisons, et la carte de sensibilité, nous recherchons l'amplitude de variation des pondérations d'un facteur qui influence le résultat (Tableau 7-3).

	Test témoin	Sensibilité 1	Variation
facteur_college	0.1429	**0.2665**	86.5 %
facteur_gare	0.1429	0.1120	-21.6 %
facteur_intersection	0.1429	0.0894	-37.4 %
facteur_lycee	0.1429	**0.3432**	140.2 %
facteur_mairie	0.1429	0.0788	-44.9 %
facteur_urbaindensite	0.1429	0.0655	-54.2 %
facteur_zoneindus	0.1429	0.0446	-68.8 %

Tableau 7-3. Comparaison des facteurs

Le test de sensibilité 1 montre que la pondération doit être importante sur les facteurs « collège » et « lycée » pour qu'ils apparaissent sur la carte. Les zones résiduelles rouges sur le test de sensibilité montrent des variations par rapport au test témoin de +86 % pour le facteur collège (zone jaune sur la commune de Villard Bonnot dans le test de sensibilité qui correspond au collège de Villard Bonnot) et +140 % pour le facteur lycée (zone jaune rouge sur la commune d'Echirolles dans le test de sensibilité qui correspond à l'emplacement d'un lycée sur cette commune).

3.4. Les tests de validation

Nous venons de présenter la mise en œuvre de la méthode, nous allons maintenant présenter l'ensemble des tests de validation. Ils sont de deux types : sensibilité et robustesse.

3.4.1. L'analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité montre pour chaque facteur la variation des pondérations nécessaire pour influencer le résultat.

3.4.1.1. Test de sensibilité 2

Comme l'indiquent la Figure 7-13 et le Tableau 7-4, le test de sensibilité 2 concerne les facteurs « urbaindensité et « zoneindus ».

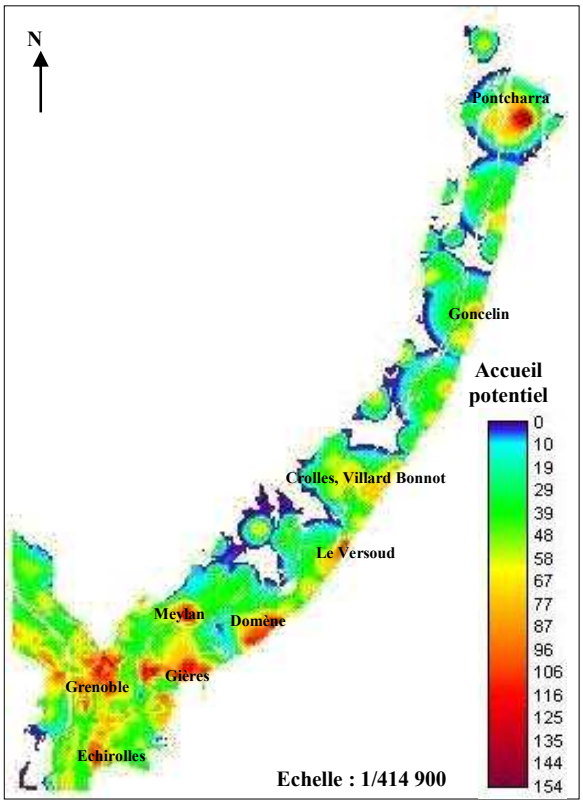


Figure 7-12. Carte témoin

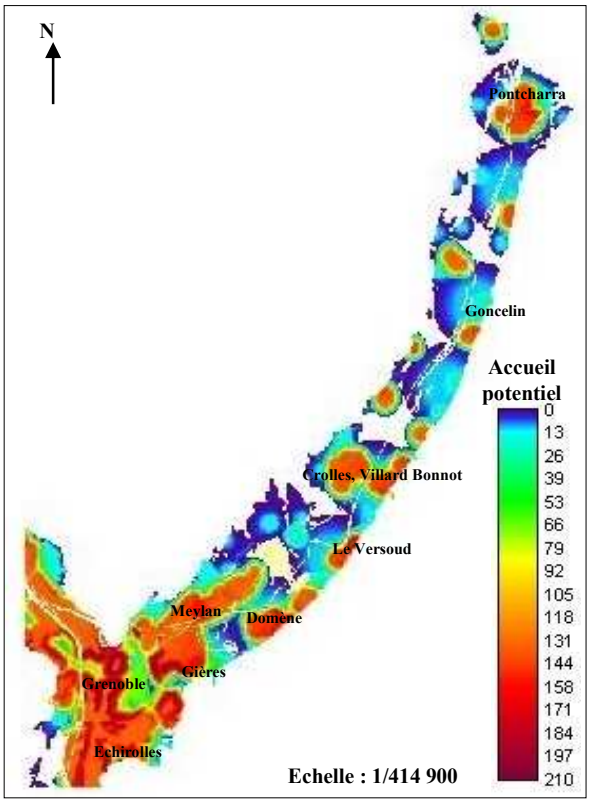


Figure 7-13. Carte de sensibilité 2

	Test témoin	Sensibilité 2	Variation
facteur_college	0.1429	0.0208	-85.4 %
facteur_gare	0.1429	0.0432	-69.8 %
facteur_intersection	0.1429	0.09	-37.0 %
facteur_lycee	0.1429	0.0338	-76.3 %
facteur_mairie	0.1429	0.0338	-76.3 %
facteur_urbaindensite	0.1429	**0.2528**	76.9 %
facteur_zoneindus	0.1429	**0.5257**	267.9 %

Tableau 7-4. Comparaison des facteurs

Les pondérations des facteurs « urbaindensité » et « zoneindus » sont importantes : +77 % pour le 1er et +268 % pour le second. La variation est trop importante pour identifier le niveau plancher de la variation.

3.4.1.2. Test de sensibilité 3

Comme l'indiquent la Figure 7-15 et le Tableau 7-5 le test de sensibilité 3 concerne les facteurs « urbaindensité et « zoneindus ».

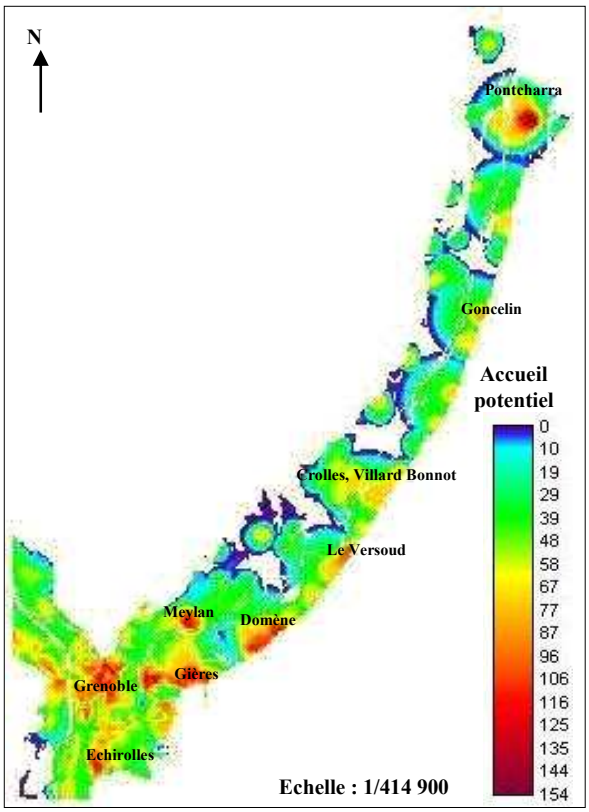


Figure 7-14. Carte témoin

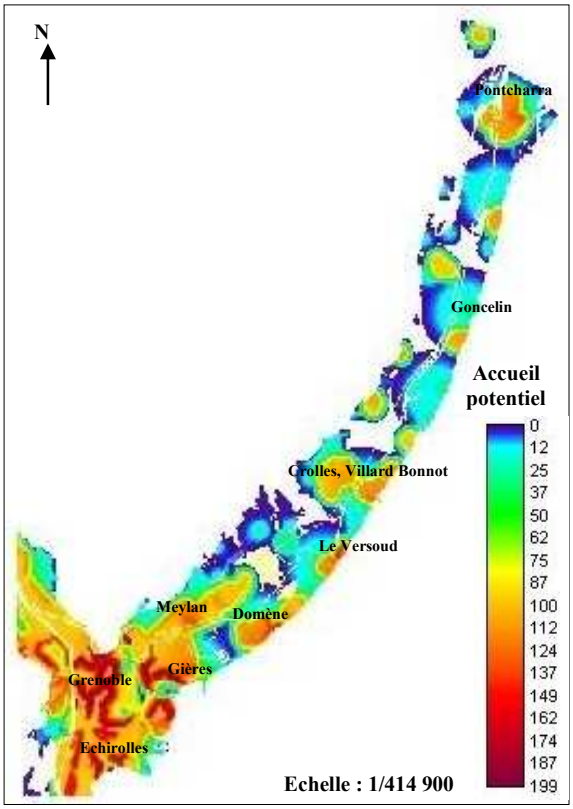


Figure 7-15. Carte de sensibilité 3

	Test témoin	Sensibilité 3	Variation
facteur_college	0.1429	0.0271	-81.0 %
facteur_gare	0.1429	0.0564	-60.5 %
facteur_intersection	0.1429	0.1174	-17.8 %
facteur_lycee	0.1429	0.0441	-69.1 %
facteur_mairie	0.1429	0.0441	-69.1 %
facteur_urbaindensite	0.1429	**0.3298**	130.8 %
facteur_zoneindus	0.1429	**0.3811**	166.7 %

Tableau 7-5. Comparaison des facteurs

Ce test montre une forte pondération sur deux facteurs « urbaindensité » et « zoneindus ». La variation est importante, +130 % pour le 1er et +166 % pour le second. Ces pondérations étant trop élevées, on ne peut pas encore identifier le niveau plancher de la variation.

3.4.1.3. Test de sensibilité 4

Comme l'indiquent la Figure 7-17 et le Tableau 7-6, le test de sensibilité 4 concerne les facteurs « urbaindensité », « zoneindus » et « gares ».

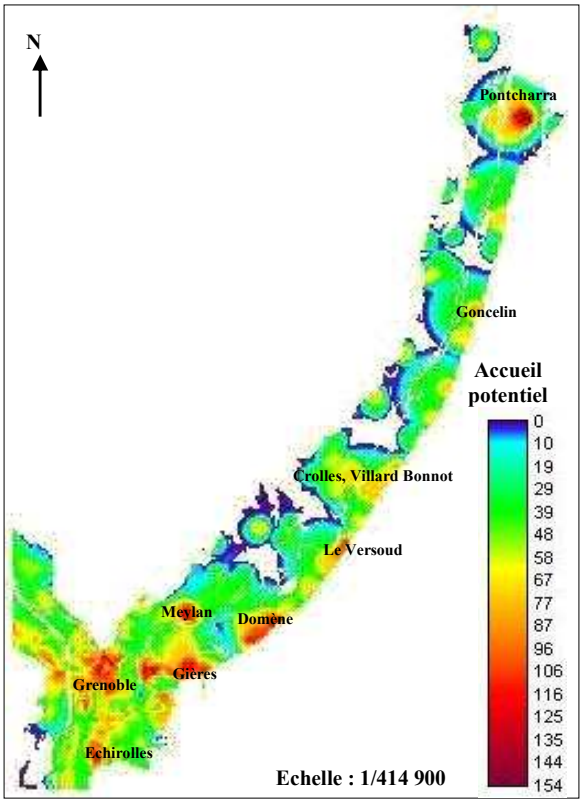


Figure 7-16. Carte témoin

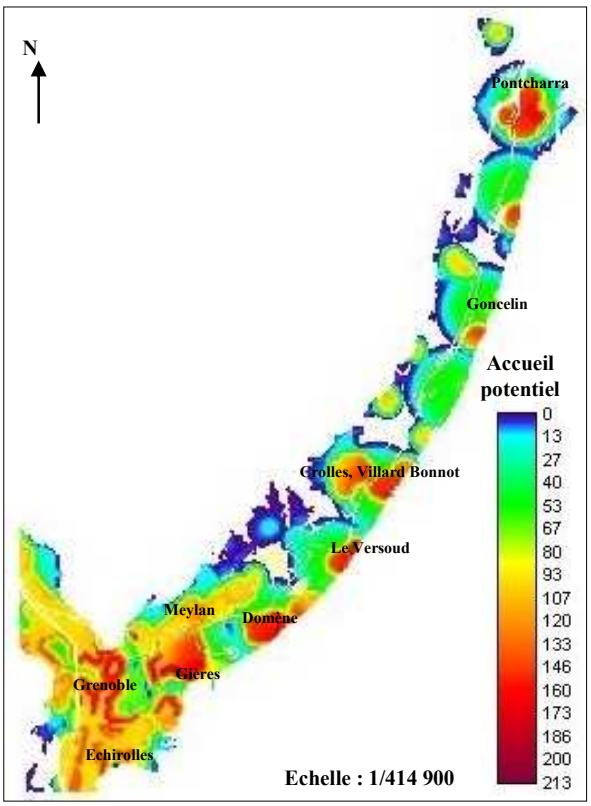


Figure 7-17. Carte de sensibilité 4

	Test témoin	Sensibilité 4	Variation
facteur_college	0.1429	0.0269	-81.2 %
facteur_gare	0.1429	**0.2055**	43.8 %
facteur_intersection	0.1429	0.0824	-42.3 %
facteur_lycee	0.1429	0.0349	-75.6 %
facteur_mairie	0.1429	0.027	-81.1 %
facteur_urbaindensite	0.1429	**0.2418**	69.2 %
facteur_zoneindus	0.1429	**0.3815**	167.0 %

Tableau 7-6. Comparaison des facteurs

Ce test montre une pondération de +44 % sur le facteur « gare », +69 % sur le facteur « urbaindensité » et +167 % sur le facteur « zoneindus ». La pondération du facteur « zoneindus » est toujours trop importante. Pour le facteur « gare », une variation de +40 % avoisine la valeur plancher (Goncelin sur la carte de test est en jaune alors qu'elle est orangé-rouge sur la carte de sensibilité). La variation pour obtenir la valeur plancher sur le facteur « urbaindensité » est de +70 % (Domène passe du jaune à l'orangé entre les cartes).

3.4.1.4. Test de sensibilité 5

Comme l'indiquent la Figure 7-19 et le Tableau 7-7, le test de sensibilité 5 concerne les facteurs « zoneindus » et « gares ».

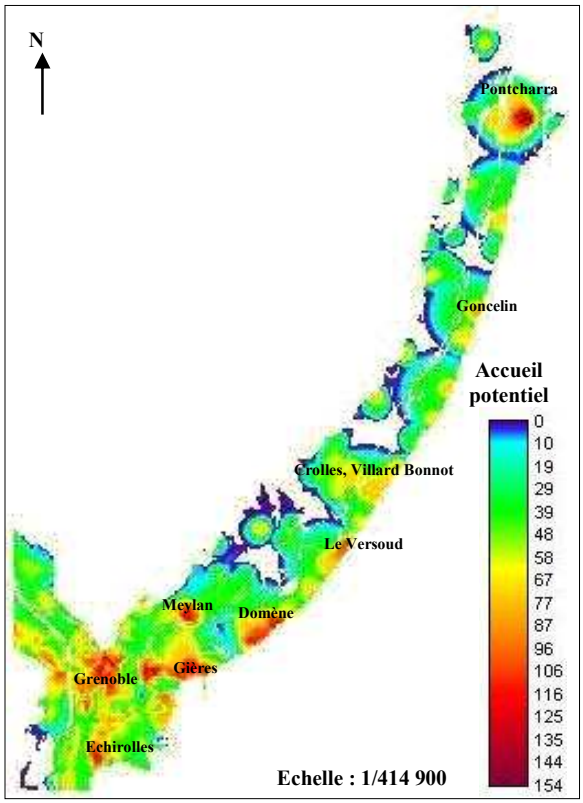


Figure 7-18. Carte témoin

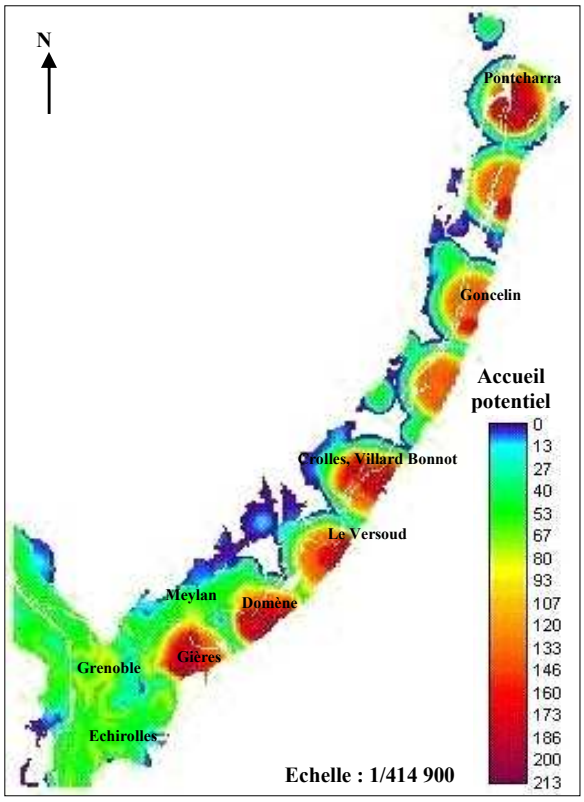


Figure 7-19. Carte de sensibilité 5

	Test témoin	Sensibilité 5	Variation
facteur_college	0.1429	0.0199	-86.1 %
facteur_gare	0.1429	**0.5312**	271.7 %
facteur_intersection	0.1429	0.0719	-49.7 %
facteur_lycee	0.1429	0.0497	-65.2 %
facteur_mairie	0.1429	0.0248	-82.6 %
facteur_urbaindensite	0.1429	0.1168	-18.3 %
facteur_zoneindus	0.1429	**0.1857**	30.0 %

Tableau 7-7. Comparaison des facteurs

La pondération plancher pour le facteur « zoneindus » doit être supérieure à +30 % (zone de Crolles qui passe du jaune à l'orangé entre la carte témoin et la carte de sensibilité 5). Par contre, la pondération du facteur « gare » est trop importante et masque les autres facteurs.

3.4.1.5. Test de sensibilité 6

Comme l'indiquent la Figure 7-21 et le Tableau 7-8, le test de sensibilité 6 concerne le facteur « intersection ».

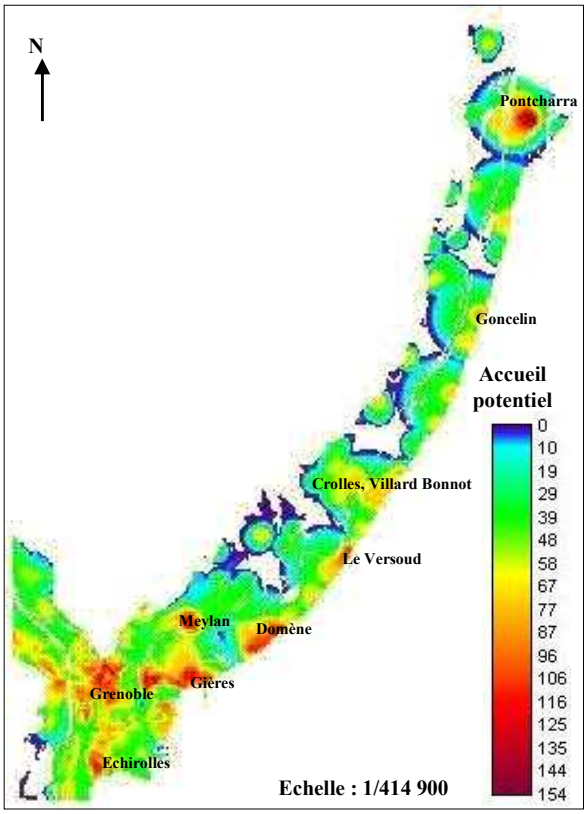


Figure 7-20. Carte témoin

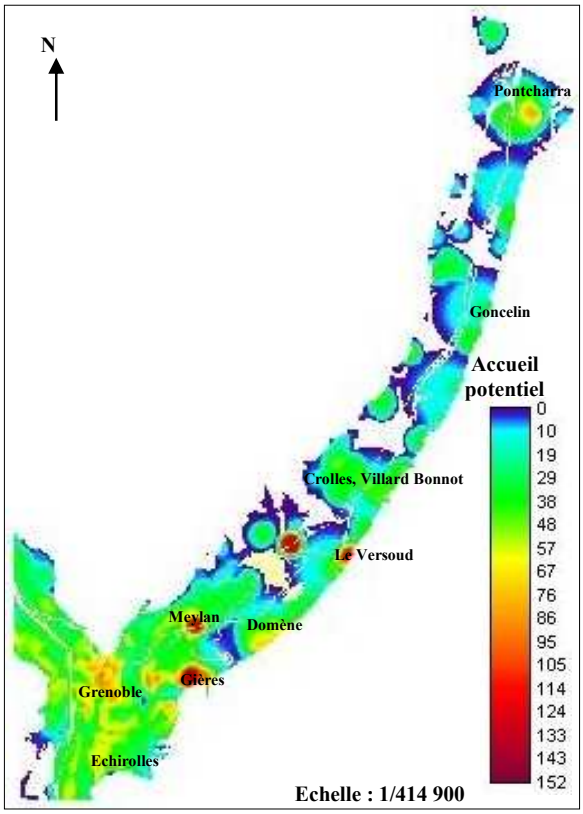


Figure 7-21. Carte de sensibilité 6

	Test témoin	Sensibilité 6	Variation
facteur_college	0.1429	0.111	-22.3 %
facteur_gare	0.1429	0.0416	-70.9 %
facteur_intersection	0.1429	**0.5146**	260.1 %
facteur_lycee	0.1429	0.055	-61.5 %
facteur_mairie	0.1429	0.0457	-68.0 %
facteur_urbaindensite	0.1429	0.1145	-19.9 %
facteur_zoneindus	0.1429	0.1177	-17.6 %

Tableau 7-8. Comparaison des facteurs

La pondération du facteur « intersection » est trop importante. Cependant ce test montre que le facteur « urbaindensité » ne résiste pas à une variation de -20 % par rapport à la valeur du test témoin (les zones urbaines n'apparaissent pas sur la carte du test, seules subsistent les zones d'intersections). Le constat est le même pour le facteur « zonesindus » pour une variation de -17 %.

3.4.1.6. Test de sensibilité 7

Comme l'indiquent la Figure 7-23 et le Tableau 7-9, le test de sensibilité 7 concerne le facteur « mairies ».

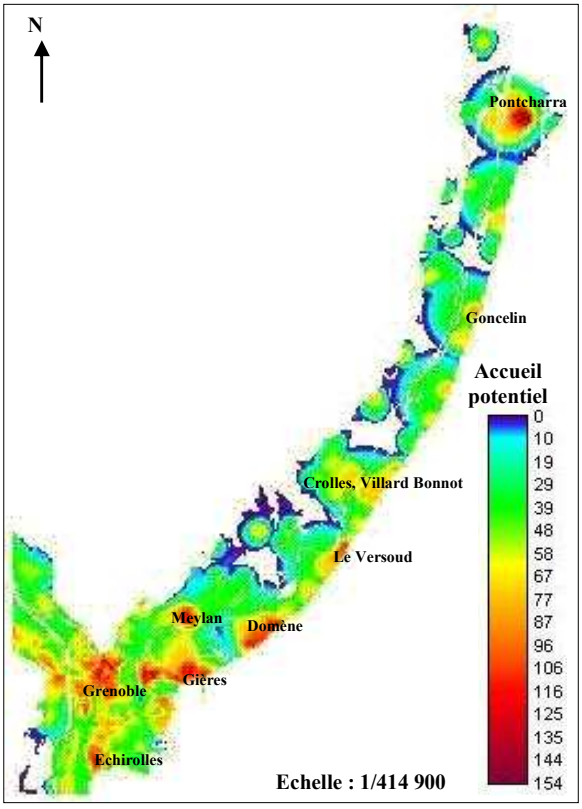


Figure 7-22. Carte témoin

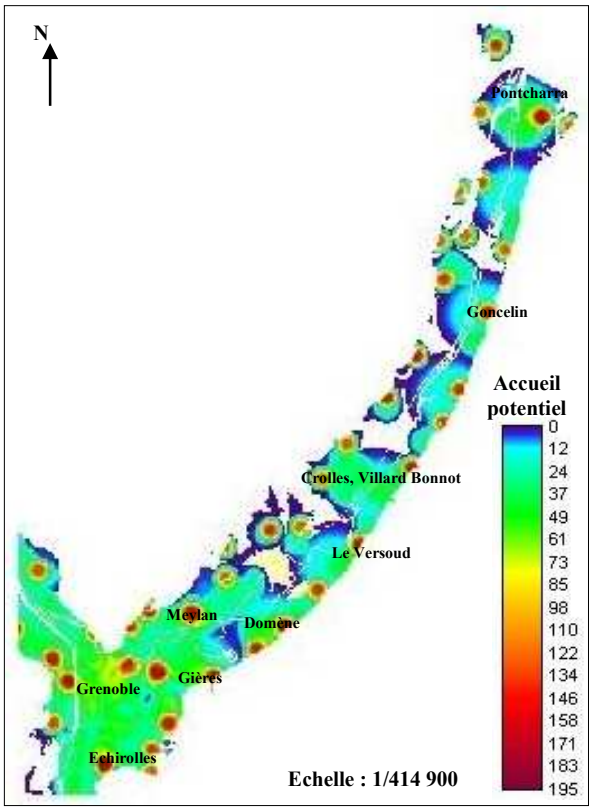


Figure 7-23. Carte de sensibilité 7

	Test témoin	Sensibilité 7	Variation
facteur_college	0.1429	0.0675	-52.8 %
facteur_gare	0.1429	0.0552	-61.4 %
facteur_intersection	0.1429	0.0675	-52.8 %
Facteur_lycee	0.1429	0.1059	-25.9 %
Facteur_mairie	0.1429	**0.5038**	252.6 %
Facteur_urbaindensite	0.1429	0.1001	-30.0 %
Facteur_zoneindus	0.1429	0.1001	-30.0 %

Tableau 7-9. Comparaison des facteurs

La pondération du facteur « mairies » est trop importante. Cependant, ce test montre que le facteur « lycées » ne résiste pas à une variation de -25 % par rapport à la valeur du test témoin (A Meylan, seule subsiste la zone de la mairie, celle concernant le lycée a disparu sur le test de sensibilité).

3.4.1.7. Test de sensibilité 8

Comme l'indique la Figure 7-25 et le Tableau 7-10, le test de sensibilité 8 concerne le facteur « mairies ».

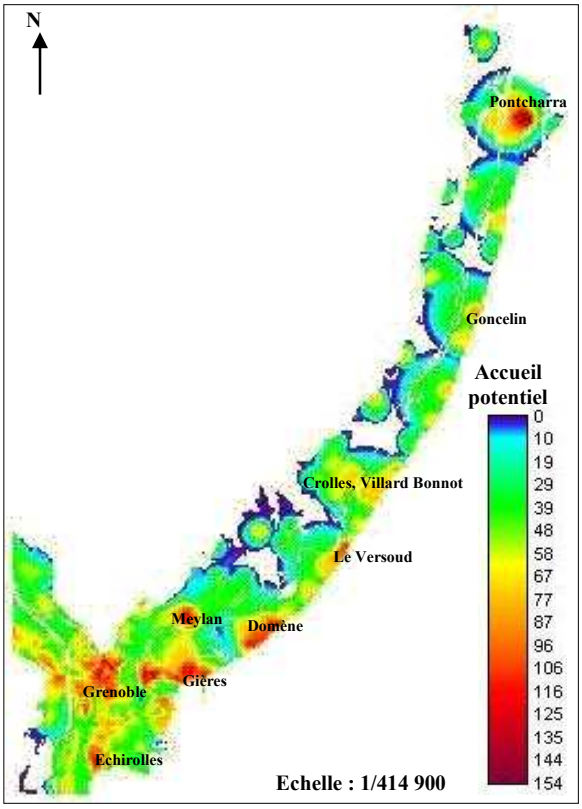


Figure 7-24. Carte témoin

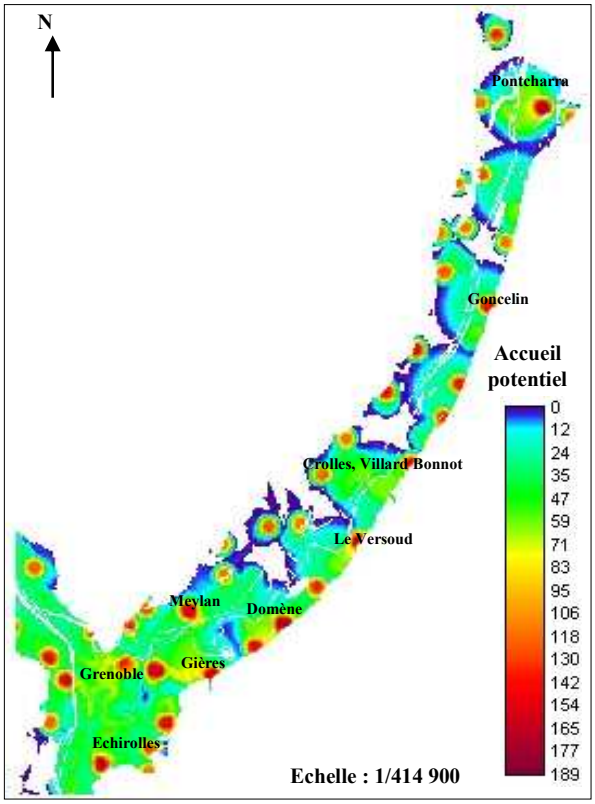


Figure 7-25. Carte de sensibilité 8

	Test témoin	Sensibilité 8	Variation
facteur_college	0.1429	0.0527	-63.1 %
facteur_gare	0.1429	0.1044	-26.9 %
facteur_intersection	0.1429	0.1044	-26.9 %
facteur_lycee	0.1429	0.0647	-54.7 %
facteur_mairie	0.1429	**0.4528**	216.9 %
facteur_urbaindensite	0.1429	0.0976	-31.7 %
facteur_zoneindus	0.1429	0.1234	-13.6 %

Tableau 7-10. Comparaison des facteurs

La pondération du facteur « mairies » est trop importante. Cependant, ce test montre que les facteurs « gares », « urbaindensité » et « zoneindus » résistent à une variation respective de -27 %, -32 % et -14 % par rapport à la valeur du test témoin.

3.4.1.8. Test de sensibilité 9

Comme l'indiquent la Figure 7-27 et le Tableau 7-11, le test de sensibilité 9 concerne les facteurs « mairies » et « intersections ».

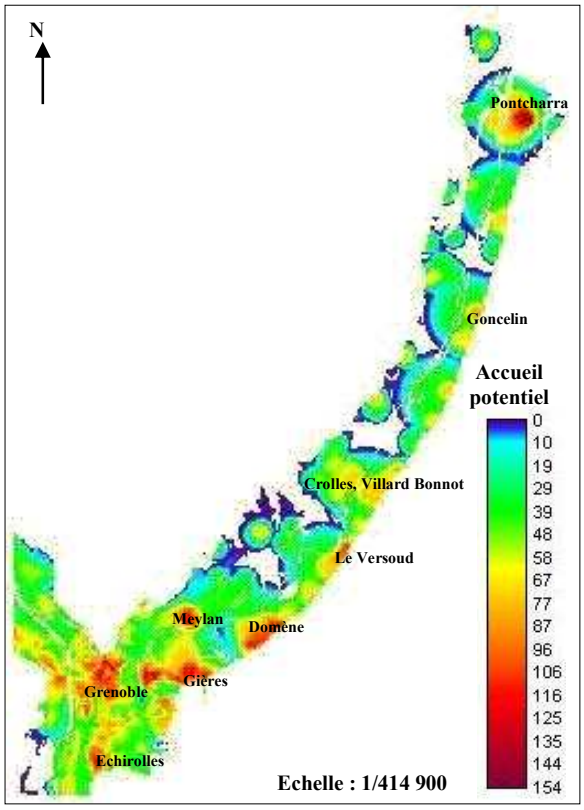


Figure 7-26. Carte témoin

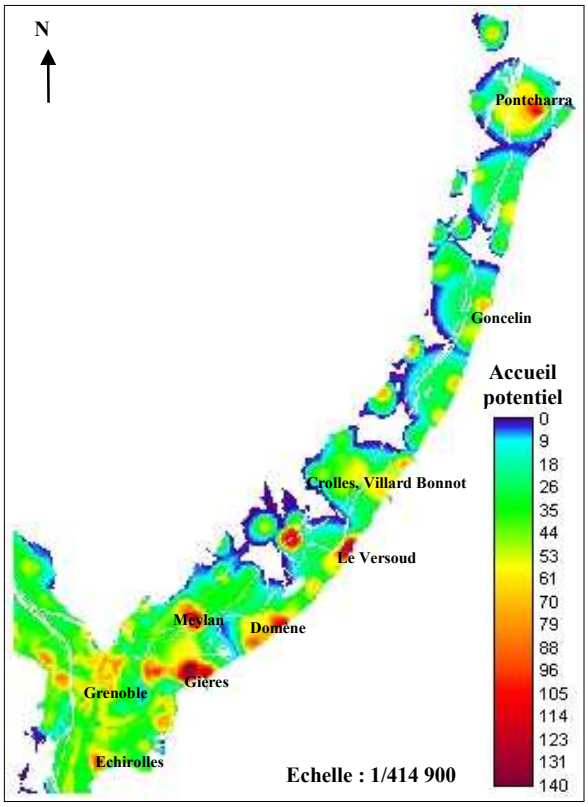


Figure 7-27. Carte de sensibilité 9

	Test témoin	Sensibilité 9	Variation
facteur_college	0.1429	0.0527	-63.1 %
facteur_gare	0.1429	0.1044	-26.9 %
facteur_intersection	0.1429	**0.4044**	183 %
facteur_lycee	0.1429	0.0647	-54.7 %
facteur_mairie	0.1429	0.1528	6.9 %
facteur_urbaindensite	0.1429	0.0976	-31.7 %
facteur_zoneindus	0.1429	0.1234	-13.6 %

Tableau 7-11. Comparaison des facteurs

La pondération du facteur « intersection » est trop importante. Cependant, ce test montre que le facteur « mairies » a une influence au-dessus d'une variation de +7 % (la zone 1 sur le test de sensibilité reste jaune)

Le Tableau 7-12 résume le domaine d'amplitude de chaque facteur.

	Variation min	Test référence	Variation max	Test référence
facteur_college	-22 %	S6	86 %	S1
facteur_gare	-27 %	S8 et S9	40 %	S4
facteur_intersection	-50 %	S5	260 %	S6
facteur_lycee	-60 %	S5	140 %	S1
facteur_mairie	+7 %	S9	250 %	S7
facteur_urbaindensite	-18 %	S5	130 %	S2, S3 et S4
facteur_zoneindus	-17 %	S6	267 %	S2, S3 et S4

Tableau 7-12. Sensibilité des facteurs

La variation minimale signifie qu'au-delà de ce pourcentage le facteur n'est plus suffisamment important pour être considéré dans la solution finale. A la différence du cas précédent, la variation maximale signifie qu'au-delà de ce pourcentage le facteur est trop important et masque totalement les autres facteurs dans le résultat.

3.4.2. L'analyse de robustesse

Les tests de robustesse montrent la **fiabilité** des zones. Les zones qui apparaissent le plus souvent sur les tests sont celles qui résistent le mieux aux variations.

A la différence des tests de sensibilité nous avons pris en compte l'indice global de cohérence pour la construction des cartes de robustesse.

Facteurs / Tests	Collège	Gare	Intersection	Lycée	Mairie	Urbain	Zonesindus	**Consis-tency ratio**
Robustesse 1	0.0636	0.0382	0.0647	0.0449	0.091	0.1254	0.5722	**0.09**
Robustesse 2	0.2755	0.1195	0.0989	0.2865	0.0874	0.0723	0.0598	**0.09**
Robustesse 3	0.0471	0.2369	0.2638	0.0645	0.2348	0.0689	0.084	**0.04**
Robustesse 4	0.1295	0.1685	0.0995	0.0882	0.073	0.2268	0.2145	**0.09**
Robustesse 5	0.0937	0.0812	0.3304	0.0838	0.0755	0.1839	0.1516	**0.07**
Robustesse 6	0.0539	0.1435	0.142	0.0881	0.0696	0.3284	0.1745	**0.1**

Tableau 7-13. Pondération des tests de robustesse

Plutôt que de montrer toutes les cartes de test, nous avons opté pour la réalisation d'un tableau de synthèse des tests de robustesse (Tableau 7-13) indiquant les zones ayant la plus grande fiabilité (Figure 7-28). Cette figure présente les zones potentiellement accueillantes pour l'implantation de stations de tram-train. Cette carte est une synthèse des tests de robustesse effectués.

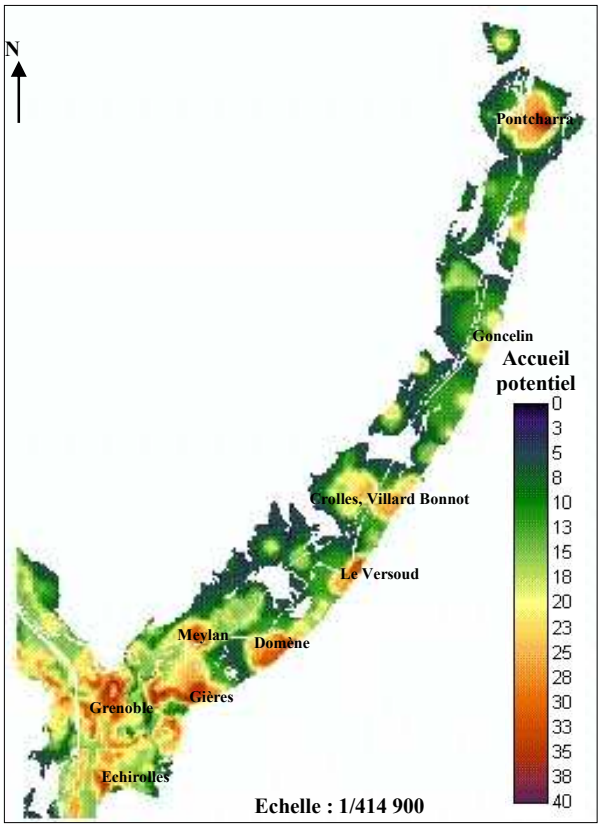


Figure 7-28. Carte de fiabilité des zones

Pour chaque carte de robustesse, l'information « accueil potentiel » était découpée en 7 classes d'égale amplitude :

- 1 = Très peu satisfaisante
- 2 = Peu satisfaisante
- 3 = Médiocre
- 4 = Modérée
- 5 = Satisfaisante
- 6 = Très satisfaisante
- 7 = Exceptionnelle

Les valeurs correspondent à la somme des valeurs de chaque pixel de chaque test de robustesse effectué. La somme des 6 cartes de test de robustesse permet de définir la pertinence des pixels comme solution potentielle.

La valeur maximale théorique que peut prendre un pixel est égal à 42 (7 classes*6 tests). Sur la carte, la plus haute valeur est égale à 40.

Nous avons fixé la valeur plancher à 24. Cette valeur permet de supposer que les zones apparaissent en moyenne à partir de la 4ème classe sur chaque carte de robustesse. L'accueil potentiel de stations d'arrêt se fera aux abords de ces zones. La Figure 7-28 montre que certaines zones apparaissent plus souvent dans la solution que d'autres, ce sont les zones fiables. Elle nous apprend, par exemple, que les communes ayant des zones fiables sont Pontcharra, Villard Bonnot, Domène, Le Versoud et Gières pour la rive gauche. Pour la rive droite Crolles, Meylan ont une importante fiabilité.

Le Tableau 7-14 indique pour chaque commune le nombre de fois où un pixel apparaît dans chaque classe des cartes de robustesse.

Communes	Fiabilité	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Apparition moyenne
Grenoble	40	7	7	5	7	7	7	**6.67**
Pontcharra	40	7	7	7	7	6	6	**6.67**
Gières	38	6	5	7	7	7	6	**6.33**
Echirolles	37	7	6	5	6	6	7	**6.17**
Meylan	37	7	7	6	5	7	5	**6.17**
Saint Martin d'Hères	37	7	5	7	4	7	7	**6.17**
Domène	36	7	5	7	6	5	6	**6.00**
Villard Bonnot	36	7	5	7	6	6	5	**6.00**
Murianette	33	6	5	6	6	5	5	**5.50**
Seyssinet Pariset	31	7	5	5	5	4	5	**5.17**
Goncelin	28	6	3	6	5	4	4	**4.67**
Le Versoud	28	6	3	6	5	4	4	**4.67**
Saint Egrève	28	6	4	4	7	4	3	**4.67**
Crolles	27	6	4	4	5	4	4	**4.50**
Fontaine	27	6	4	5	3	4	5	**4.50**
Froges	27	6	3	5	5	4	4	**4.50**
Poisat	27	7	2	4	4	5	5	**4.50**
Eybens	26	6	3	4	4	4	5	**4.33**
La Tronche	26	6	4	4	4	4	4	**4.33**
Saint Nazaire les Eymes	26	5	3	5	4	5	4	**4.33**
Sassenage	26	5	5	4	4	4	4	**4.33**
Barraux	25	6	2	4	5	4	4	**4.17**
La Buissière	25	6	2	5	5	3	4	**4.17**
Le Cheylas	24	6	2	4	5	3	4	**4.00**
Montbonnot Saint Martin	24	6	2	4	5	3	4	**4.00**
La Terrasse	23	6	2	4	4	4	3	3.83
Lumbin	23	6	2	4	4	4	3	3.83
Seyssins	23	6	3	4	4	3	3	3.83
Bernin	22	6	2	4	4	3	3	3.67
Chapareillan	22	6	2	4	4	3	3	3.67
Corenc	22	5	4	4	3	3	3	3.67
La Pierre	22	5	3	6	3	2	3	3.67
Le Touvet	22	5	4	4	3	3	3	3.67
Le Champ près Froges	21	6	2	4	3	3	3	3.50
Saint Martin le Vinoux	21	5	4	4	3	3	2	3.50
Bresson	20	6	2	3	3	3	3	3.33
Saint Ismier	20	2	4	4	3	5	2	3.33
Saint Maximin	20	4	2	4	4	3	3	3.33
Saint Vincent de Mercuze	20	5	2	3	3	4	3	3.33
Tencin	20	2	3	6	3	3	3	3.33
Le Pont de Claix	19	3	3	2	3	4	4	3.17
Claix	15	5	1	1	3	3	2	2.50
Fontanil Cornillon	15	5	1	1	3	3	2	2.50
Sainte Marie d'Alloix	11	1	2	3	2	1	2	1.83
Biviers	9	1	1	3	1	2	1	1.50
Morêtel de Mailles	9	1	1	2	2	1	2	1.50
La Flachère	8	1	1	3	1	1	1	1.33

Tableau 7-14. Valeur des pixels sur la carte de fiabilité

Prenons l'exemple de La Flachère : les zones d'accueil potentiel de stations sur cette commune apparaissent dans la classe la plus faible (valeur 1) dans 5 scénarios (R1, R2, R4, R5, R6). Dans le scénario 3 (R3), les pixels de cette commune apparaissent dans la première classe, la seconde et la troisième classe.

La combinaison des fonctionnalités SIG raster et AMC dans le logiciel Idrisi nous a permis de définir une méthode pour identifier et délimiter spatialement des zones susceptibles d'accueillir une ligne de tram-train.

Dans tous les cas, quelles que soient les hypothèses de tracés envisagées, il faut se demander exactement ce que l'on cherche, de quelles données a-t-on besoin et de quelles données dispose-t-on pour répondre à la question ?

L'exportation des résultats vers le SIG vecteur Geoconcept permet un traitement plus facile des cartes et des zones potentielles obtenues. Cette dernière phase est l'objet du Chapitre 8.

CHAPITRE 8.
APPLICATION DE LA METHODE DANS LA VALLEE DU GRESIVAUDAN

« Le groupe français d'infrastructures, de transport et d'énergie Alstom a remporté un contrat d'un montant de 150 millions d'euros portant sur la fourniture de 50 tram-trains aux Pays-Bas, a-t-il annoncé mardi dans un communiqué. Ces trains seront exploités sur une nouvelle liaison reliant les centres-villes de La Haye et Rotterdam et pourront fonctionner à la fois sur les voies ferrées interurbaines et sur les voies de tramway de La Haye, selon le communiqué. Les premiers véhicules destinés à cette nouvelle liaison seront livrés début 2006 et la mise en service commercial devrait commencer mi-2006, précise le groupe. Les équipements seront fabriqués par Alstom à Ridderkirk aux Pays-Bas et à Salzgitter en Allemagne, indique encore le communiqué ALSTOM. »

Dépêche AFP, le 20.04.2004

Présentant les conditions favorables à la mise en place d'une ligne de tram-train avec mixité de circulation, le tracé d'une telle ligne dans le Grésivaudan comporte nécessairement l'actuelle voie ferrée (située sur la rive gauche) assurant la liaison Grenoble-Gières-Montmélian.

L'interconnexion des réseaux ferrés est possible sur la commune de Gières au niveau de la gare de Grenoble-Gières-Université (Chapitre 4 paragraphe 2.1) et nous avons retenu cet emplacement comme **point d'interconnexion** des réseaux permettant la desserte périurbaine de la vallée du Grésivaudan par la rive gauche. L'analyse de la périurbanisation (Chapitre 1 et Chapitre 2) nous a amené à orienter notre recherche de zones potentielles sur les communes localisées entre Gières/Meylan et Villard Bonnot/Crolles.

Nous avons effectué 7 simulations par analyse multi critère avec, chaque fois, des pondérations différentes dans les facteurs. En raison des contraintes topographiques de pente (Chapitre 7 paragraphe 3.1.2.2), les résultats dans la vallée du Grésivaudan concernent une bande longitudinale large de 5 à 7 km, traversée en son milieu par l'Isère.

Exportés vers le SIG vecteur *geoconcept*, les résultats de chaque simulation présentent toutes les zones potentielles pouvant accueillir des stations tram-train (ainsi que les aménagements nécessaires à son fonctionnement comme des voies d'évitements, des pôles d'échanges…).

Afin d'évaluer chaque simulation, nous avons associé les zones potentielles aux bases de données des objets chevauchés (bâti des communes, zones d'emploi des communes, zones non occupées). Ainsi, par l'utilisation de requêtes topologiques, nous avons pu estimer quantitativement pour chaque simulation :

- les superficies des zones potentielles,
- les populations concernées (habitants / actifs) selon le type d'occupation du sol.

Nous avons ainsi estimé les populations concernées à partir des surfaces des zones potentielles bien que les données « habitants » aient déjà été utilisées lors de la pondération des facteurs (Chapitre 7 paragraphe 3.1.2.1).

La réalisation de plusieurs simulations, outre les évaluations quantitatives purement illustratives, nous a rappelé que l'analyse multi critère n'a pas pour objectif de désigner une solution optimale mais au contraire d'apporter des éléments de réponses au problème posé. L'analyse multi critère **est un outil d'aide à la décision et non un outil de décision**.

Outre cet aspect purement quantitatif (et approximatif), les simulations présentent l'ensemble des zones potentielles.

Les résultats des simulations apparaissent sur les figures 8-1, 8-2, 8-3, 8-4, 8-5, 8-6 et 8-7. Seules les 4 meilleures classes sont visibles[68], nous avons ainsi retenu comme zones potentielles, celles dont les classes sont « modérées », « satisfaisantes », « très satisfaisantes » ou « exceptionnelles » (Chapitre 7 paragraphe 3.4.2).

1. LES SIMULATIONS

Les simulations, au nombre de 7, associent les combinaisons de facteurs et valeurs de pondération.

Dans certains cas, nous avons privilégié la pondération sur un unique facteur et dans d'autres nous en avons combiné plusieurs. Ces combinaisons répondent à des logiques différentes d'analyse des espaces potentiels pour l'implantation d'arrêts de tram-train.

1.1. Simulation 1

Cette simulation privilégie l'emplacement des stations à proximité des « **collèges** » et des « **lycées** ». Pour cette simulation, notre réflexion s'est strictement portée sur la desserte des populations scolaires captives (Tableau 8-1).

Critère	Pondération
Collège	**0.2755**
Gare	0.1195
Intersection	0.0989
Lycée	**0.2865**
Mairie	0.0874
Urbain	0.0723
Zones d'activité	0.0598

Tableau 8-1. Pondérations pour la simulation 1

L'indice global de cohérence est de 0,09.

[68] Les résultats concernant l'ensemble des secteurs Agglomération et Grésivaudan sont disponibles en Annexe 14.

La Figure 8-1 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

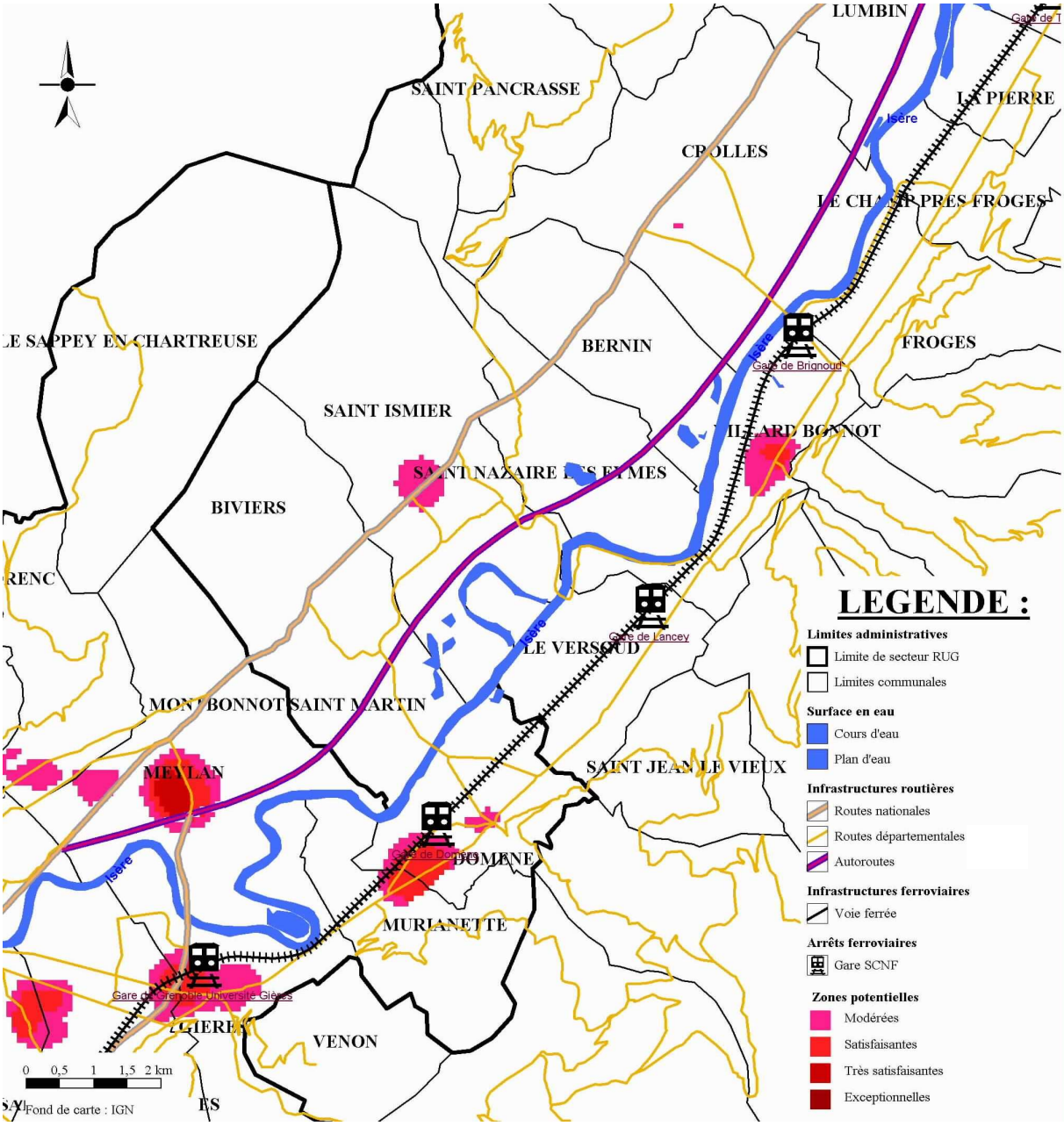


Figure 8-1. Simulation 1 Gières / Crolles

Les zones retenues sont restreintes, d'une faible superficie. Trois communes sont concernées sur la rive gauche, elles ne sont que deux sur la rive droite.

1.1.1. Rive gauche

Le Tableau 8-2 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Domène	0,64	0,31	0,30	0,03	879	1 417
Murianette	0,27	0	0,08	0,20	0	146
Villard Bonnot	0,55	0	0,24	0,30	0	964
Ensemble	**1,46**	**0,31**	**0,62**	**0,53**	**879**	**2 527**

Tableau 8-2. Simulation 1 pour la rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 1,5 km², dont 0,31 km² de « zones habitées », 0,62 km² de « zones d'activité » et 0,53 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 2 500 habitants et près de 900 actifs.

L'importance des populations concernées sur les communes de Domène, Villard Bonnot (respectivement environ 1 400 et 950 personnes) et dans une moindre mesure Murianette pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. Par ailleurs, l'importance des zones concernées de type « zone non occupée » sur les communes de Murianette et Villard Bonnot donne la possibilité d'aménager ces nouveaux arrêts en pôles d'échanges.

La singularité de Murianette provient de l'importance des « zones non occupées » disponibles par rapport aux deux autres communes. L'implantation de pôles d'échanges est possible dans la zone de Murianette, limitrophe de Domène.

Si Domène dispose de peu de « zones non occupées » (par rapport à Murianette et Villard Bonnot), elle demeure la commune disposant du nombre d'actifs le plus important (presque 900 dans le périmètre concerné).

1.1.2. Rive droite

Le Tableau 8-3 indique, pour les zones potentielles des communes de Meylan et Saint Ismier, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Meylan	1,2	0,71	0,38	0,12	4 627	1 554
Saint Ismier	0,42	0	0,38	0,04	0	609
Ensemble	**1,64**	**0,71**	**0,76**	**0,16**	**4 627**	**2 163**

Tableau 8-3. Simulation 1 pour la rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 1,64 km², dont 0,77 km² de « zones habitées », 0,71 km² de « zones d'activité » (uniquement regroupées sur

Meylan) et 0,16 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent près 2 200 habitants (dont 1 500 pour Meylan) et près de 4 700 actifs (uniquement sur Meylan).

A la différence des communes de la rive gauche, celles de la rive droite offrent peu de « zones non occupées ».

Bien que situées sur la rive droite, l'emplacement de station sur Meylan présente un intérêt non négligeable eu égard aux populations résidentes et actives concernées. Un décrochage de la voie ferrée en direction de Meylan n'est pas sans intérêt ici.

A l'inverse, les zones potentielles de la commune de Saint Ismier sont trop éloignées et isolées pour représenter une option de décrochage pertinente malgré une population résidente importante dans le périmètre.

L'absence de « zones non occupées » restreint la création d'arrêts de tram-train aménagés sous forme de pôles d'échanges importants.

1.2. Simulation 2

Cette simulation privilégie l'emplacement des stations à proximité des « **gares** », des « **zones habitées** » et des « **zones d'activité économique** » (Tableau 8-4). Les relations gares/tissu urbain et gares/zones d'activité que peuvent définir des programmes de déplacements caractérisent la simulation. L'indice global de cohérence est de 0,09.

Critère	**Pondération**
Collège	0,1295
Gare	**0,1685**
Intersection	0,0995
Lycée	0,0882
Mairie	0,073
Urbain	**0,2268**
Zones d'activité	**0,2145**

Tableau 8-4. Pondérations pour la simulation 2

La Figure 8-2 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

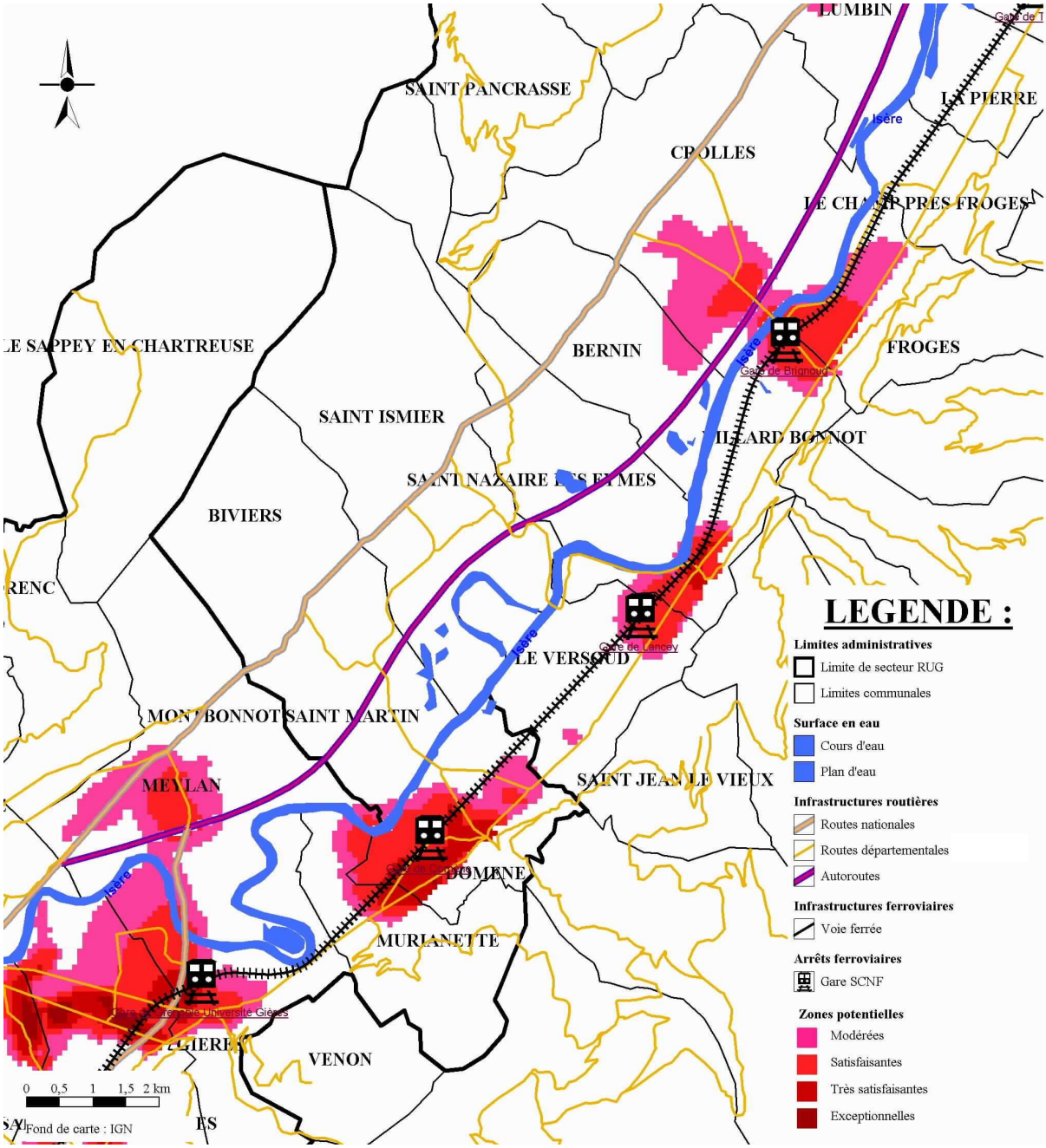


Figure 8-2. Simulation 2 Gières / Crolles

Les rives ne sont pas concernées de la même manière, si quatre communes sont concernées sur la rive gauche, elles ne sont que trois sur la rive droite.

1.2.1. Rive gauche

Le Tableau 8-5 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	**Superficie de la zone (km²)**	**Zone activité (km²)**	**Zone habitat (km²)**	**Zone non occupée (km²)**	**Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)**	**Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)**
Domène	2,64	0,78	1,19	0,67	2 203	5 656
Le Versoud	0,81	0,11	0,27	0,43	243	943
Murianette	0,83	0,03	0,13	0,67	73	237
Villard Bonnot	1,55	0,16	0,97	0,42	1 306	3 821
Ensemble	5,83	1,08	2,56	2,19	3 825	10 657

Tableau 8-5. Simulation 2 rive gauche

Ces zones potentielles couvrent une superficie de 5,9 km², dont 2,5 km² de « zones habitées », 1 km² de « zones d'activité » et 2,19 km² de « zones non occupées », alors que les zones occupées concernent plus de 10 500 habitants et près de 4 000 actifs.

Trois zones se distinguent nettement, elles forment un espace quasi continu de zones potentielles : Murianette/Domène, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot.

L'importance des populations concernées sur les communes de Domène, Villard Bonnot et dans une moindre mesure Murianette et le Versoud, pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. L'importance des zones de type « zone non occupée » sur ces quatre communes donne la possibilité d'aménager ces nouveaux arrêts sous forme de pôles d'échanges.

Davantage peuplées, les communes de Domène et Villard Bonnot sont plus susceptibles que celles de Murianette et Le Versoud (qui disposent cependant de superficies importantes en termes de « zones non occupées ») d'accueillir des pôles d'échanges aménagés de parkings et autres services.

1.2.2. Rive droite

Le Tableau 8-6 indique pour les zones potentielles des communes de Bernin, Crolles et Meylan le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	**Superficie de la zone (km²)**	**Zone activité (km²)**	**Zone habitat (km²)**	**Zone non occupée (km²)**	**Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)**	**Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)**
Bernin	0,32	0,09	0	0,23	235	0
Crolles	2,44	0,92	0,25	1,27	3 504	771
Meylan	2,59	1,05	0,77	0,77	6 869	3 177
Ensemble	5,35	2,06	1,02	2,27	10 708	3 948

Tableau 8-6. Simulation 2 rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 5,35 km², dont 1 km² de « zones habitées », 2 km² de « zones d'activité » et 2,3 km² de « zones non occupées ». Ces données concernent près 4 000 habitants et plus de 10 700 actifs.

Bien que Meylan et Crolles soient situées sur la rive droite, l'emplacement de stations sur ces communes présente un intérêt non négligeable eu égard aux populations résidentes et actives concernées.

Les « zones non occupées » sont importantes, et pourraient accueillir des stations aménagées sous forme de pôles d'échanges.

Ce n'est pas le cas de la commune de Bernin qui ne peut justifier un décrochage dans sa direction. Par contre, sa desserte prend un sens si elle permet de prolonger la ligne desservant Crolles. Il faut alors considérer Crolles et Bernin dans leur globalité.

Un décrochage de la voie ferrée en direction de Meylan d'une part et un autre en direction de Crolles n'est donc pas dénué de sens ici.

1.3. Simulation 3

Ce scénario (Tableau 8-7) privilégie l'emplacement des stations à proximité des **gares**, des « **mairies** » et des « **intersections** » (nœuds routiers). Cette simulation incarne des pratiques intermodales entre les transports publics et privés, gare/intersections et pôles communaux (mairie). L'indice global de cohérence est de 0,04.

Critère	Pondération
Collège	0,0471
Gare	**0,2369**
Intersection	**0,2638**
Lycée	0,0645
Mairie	**0,2348**
Urbain	0,0689
Zones d'activité	0,084

Tableau 8-7. Pondérations pour la simulation 3

La Figure 8-3 présente les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

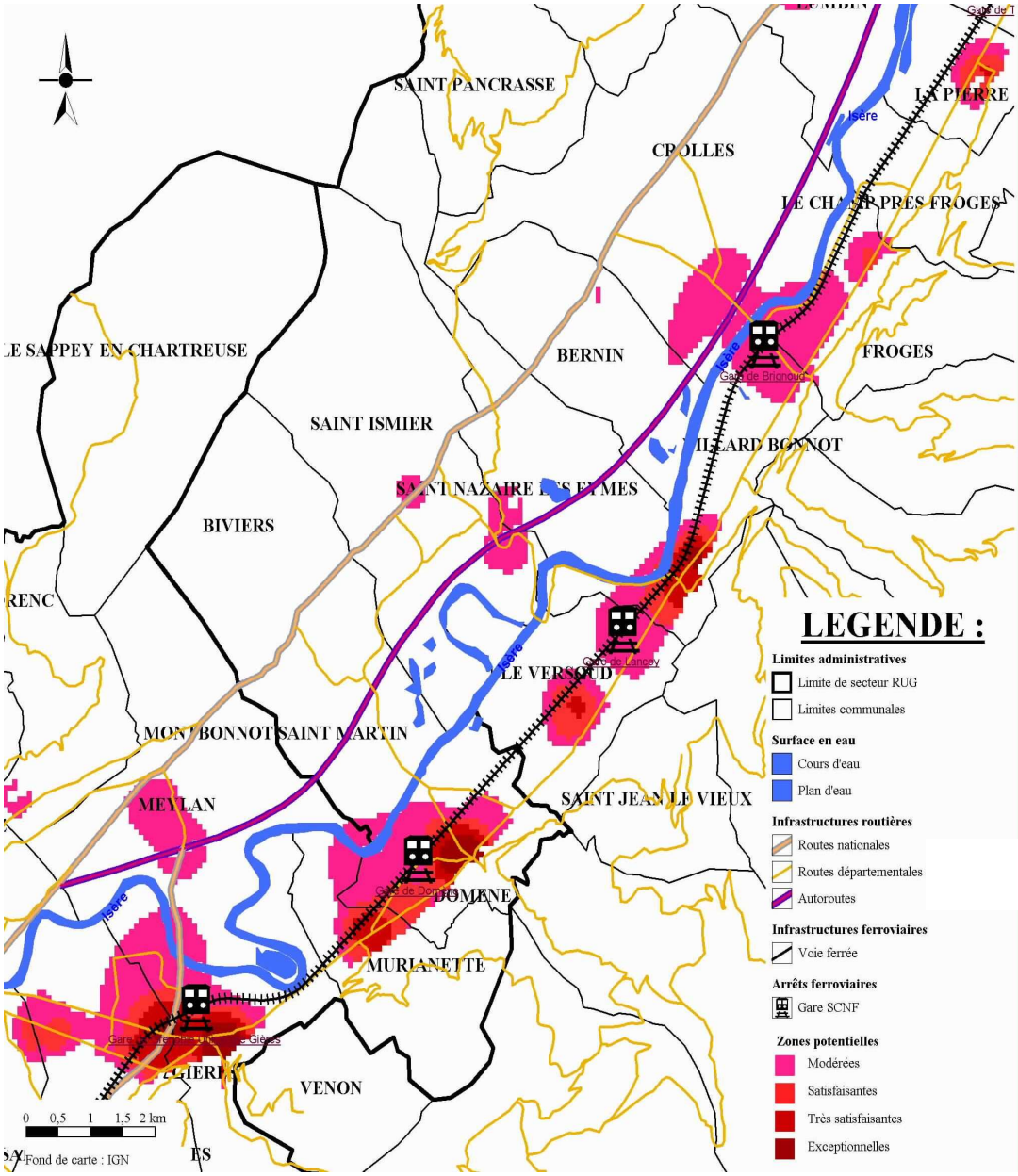


Figure 8-3. Simulation 3 Gières / Crolles

Les rives sont concernées différemment, avec quatre communes sur la rive gauche et cinq sur la rive droite.

1.3.1. Rive gauche

Le Tableau 8-8 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	**Superficie de la zone (km²)**	**Zone activité (km²)**	**Zone habitat (km²)**	**Zone non occupée (km²)**	**Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)**	**Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)**
Domène	2,45	0,72	1,18	0,55	2 040	5 599
Le Versoud	1,67	0,09	0,71	0,86	218	2 438
Murianette	0,94	0,03	0,21	0,71	73	379
Villard Bonnot	1,80	0,16	1,07	0,57	1 305	4 204
Ensemble	**6,86**	**1,00**	**3,17**	**2,69**	**3 636**	**12 620**

Tableau 8-8. Simulation 3 rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 6,9 km², dont 3,2 km² de « zones habitées », 1 km² de « zones d'activité » et 2,7 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 12 500 habitants et près de 3 600 actifs.

Trois zones se distinguent nettement et forment un espace quasi continu de zones potentielles. Nous distinguons ainsi les zones suivantes : Murianette/Domène, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot.

L'importance des populations concernées sur les communes de Domène, Villard Bonnot et Le Versoud pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. L'importance des « zones non occupées » sur ces quatre communes donne la possibilité d'organiser de nouveaux arrêts pouvant être des pôles d'échanges.

En raison de leurs populations, les communes de Domène, Le Versoud et Villard Bonnot sont plus susceptibles que celle de Murianette (qui dispose cependant d'une importante superficie de « zones non occupées ») d'accueillir des pôles d'échanges.

1.3.2. Rive droite

Le Tableau 8-9 indique pour les zones potentielles des communes de Bernin, Crolles, Meylan, Saint Ismier et Saint Nazaire les Eymes le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Bernin	0,07	0,00	0,02	0,05	0	30
Crolles	1,49	0,31	0,03	1,15	1 172	82
Meylan	2,10	1,25	0,17	0,68	8 184	708
Saint Ismier	0,18	0,00	0,18	0,00	0	287
Saint Nazaire les Eymes	0,28	0,00	0,06	0,22	0	96
Ensemble	4,12	1,56	0,46	2,10	9 356	1 203

Tableau 8-9. Simulation 3 rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 4,1 km², dont 0,5 km² de « zones habitées » 1,5 km² de « zones d'activité » et 2,1 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent près 1 200 habitants et plus de 9 300 employés.

Bien que Meylan et Crolles soient situées sur la rive droite, l'emplacement de stations sur ces communes présente un intérêt non négligeable eu égard à la population résidente et active concernée.

Les « zones non occupées » sont importantes, elles pourraient accueillir des pôles d'échanges avec regroupement d'activités.

La commune de Bernin n'est pas suffisamment importante pour justifier un décrochage dans sa direction. Par contre, sa desserte prend un sens si elle permet de prolonger la ligne desservant Crolles. Il faut considérer Crolles et Bernin comme un tout.

Un décrochage de la voie ferrée en direction de Meylan d'une part et un autre en direction de Crolles n'est pas dénué de sens.

A l'inverse, les zones potentielles de Saint Ismier et Saint Nazaire les Eymes sont trop isolées et éloignées pour justifier un décrochage.

1.4. Simulation 4

Ce scénario privilégie l'emplacement des stations à proximité des « **intersections** » (Tableau 8-10), des nœuds routiers. Cette simulation cherche à identifier les zones de convergence du trafic automobile. L'indice global de cohérence est de 0,07.

Critère	Pondération
Collège	0,0937
Gare	0,0812
Intersection	**0,3304**
Lycée	0,0838
Mairie	0,0755
Urbain	0,1839
Zones d'activité	0,1516

Tableau 8-10. Pondérations simulation 4

La Figure 8-4 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

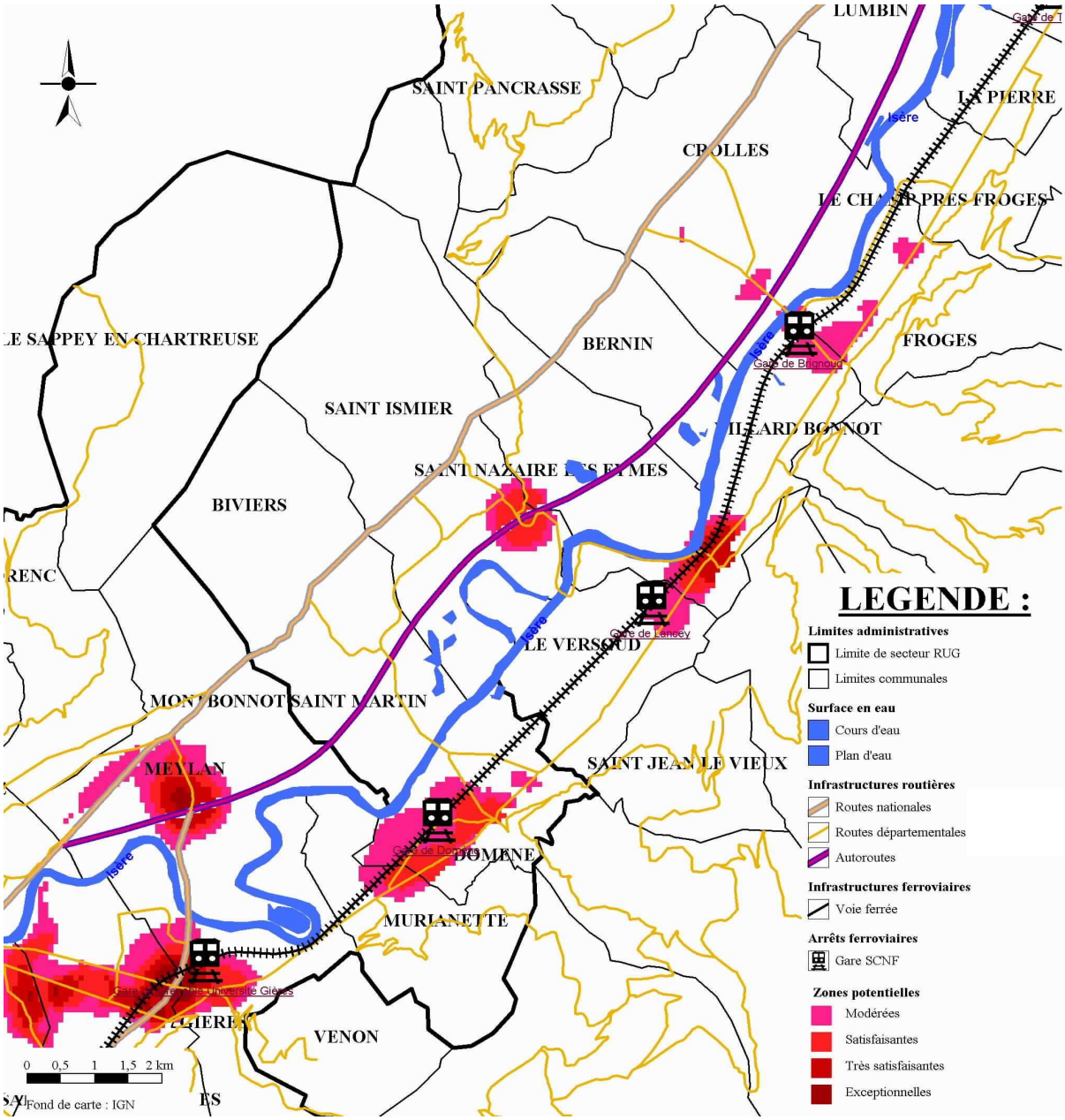


Figure 8-4. Simulation 4 Gières / Crolles

Les zones retenues concernent quatre communes sur la rive gauche et autant sur la rive droite.

1.4.1. Rive gauche

Le Tableau 8-11 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	**Superficie de la zone (km²)**	**Zone activité (km²)**	**Zone habitat (km²)**	**Zone non occupée (km²)**	**Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)**	**Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)**
Domène	1,80	0,72	0,94	0,14	2 019	4 440
Le Versoud	0,43	0,09	0,14	0,20	218	476
Murianette	0,39	0,00	0,09	0,30	0	173
Villard Bonnot	1,11	0,14	0,80	0,17	1 156	3 164
Ensemble	3,63	0,95	1,97	0,81	3 393	8 253

Tableau 8-11. Simulation 4 rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 3,6 km², dont 2 km² de « zones habitées », 1 km² de « zones d'activité », et 0,8 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 8 200 habitants et près de 3 400 actifs.

Trois zones se distinguent nettement, elles forment un espace quasi continu de zones potentielles. Nous distinguons ainsi les zones suivantes : Murianette/Domène, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot.

L'importance des populations concernées sur les communes de Domène, Villard Bonnot et dans une moindre mesure Murianette et Le Versoud, pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. Les zones concernées de type « zone non occupée » sur ces quatre communes sont peu importantes.

En raison des populations concernées, les communes de Domène et Villard Bonnot sont susceptibles d'accueillir des pôles d'échanges.

1.4.2. Rive droite

Le Tableau 8-12 indique, pour les zones potentielles des communes de Crolles, Meylan, Saint Ismier et Saint Nazaire les Eymes, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	**Superficie de la zone (km²)**	**Zone activité (km²)**	**Zone habitat (km²)**	**Zone non occupée (km²)**	**Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)**	**Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)**
Crolles	0,16	0,02	0,02	0,12	82	53
Meylan	1,76	0,87	0,48	0,40	5683	1996
Saint Ismier	0,72	0,00	0,06	0,66	0	88
Saint Nazaire les Eymes	0,12	0,00	0,03	0,09	0	49
Ensemble	2,76	0,89	0,59	1,27	5765	2186

Tableau 8-12. Simulation 4 rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 2,8 km², dont 0,6 km² de « zones habitées », 0,9 km² de « zones d'activité » et 1,3 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent près 2 200 habitants et plus de 5 700 actifs.

Bien que Meylan soit situé sur la rive droite, l'emplacement de stations sur cette commune présente un intérêt non négligeable eu égard aux populations résidentes et actives concernées. Seule Meylan peut justifier d'un décrochage de la ligne depuis Gières, les zones potentielles de Saint Ismier, Saint Nazaire les Eymes et Crolles paraissent trop peu importantes pour justifier une desserte.

1.5. Simulation 5

Ce scénario privilégie l'emplacement des stations à proximité des « **intersections** » (nœuds routiers), des « **zones habitées** » et des « **zones d'activité** ». Il s'agit de visualiser les espaces traversés par les pendulaires circulant en voiture particulière. Le Tableau 8-13 présente les pondérations de chaque critère. L'indice global de cohérence est de 0,06.

Critère	**Pondération**
Collège	0,0701
Gare	0,0726
Intersection	**0,1423**
Lycée	0,0853
Mairie	0,0853
Urbain	**0,2276**
Zones d'activité	**0,3169**

Tableau 8-13. Pondérations simulation 5

La Figure 8-5 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

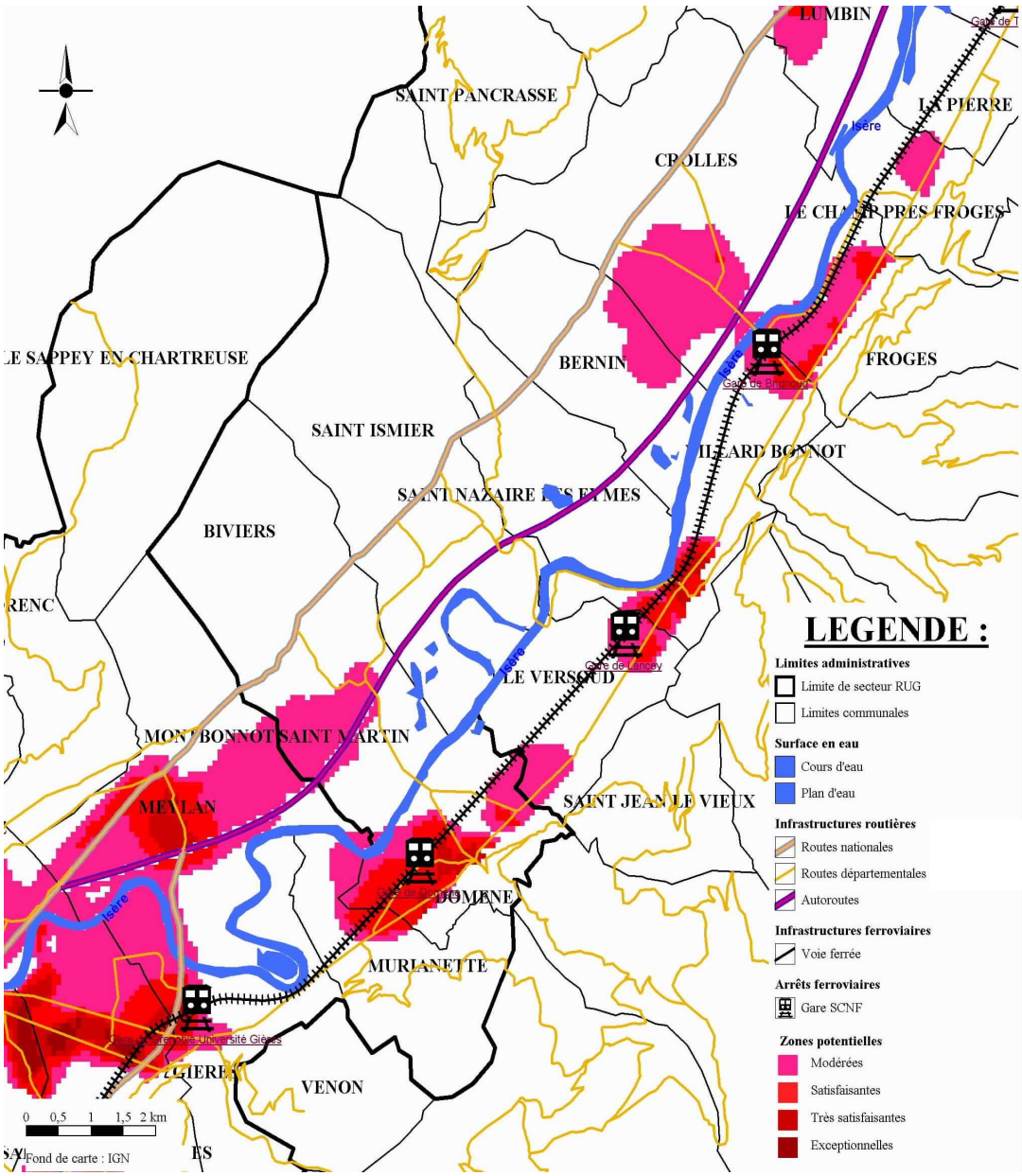


Figure 8-5. Simulation 5 Gières / Crolles

Les zones retenues concernent les communes des deux rives. Quatre communes sont concernées sur la rive gauche et autant sur la rive droite.

1.5.1. Rive gauche

Le Tableau 8-14 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Domène	2,49	0,78	1,04	0,67	2 203	4 936
Le Versoud	1,20	0,25	0,39	0,56	594	1 358
Murianette	0,72	0,03	0,09	0,60	73	169
Villard Bonnot	1,39	0,16	0,90	0,33	1 305	3 564
Ensemble	5,80	1,22	2,42	2,16	4 175	10 027

Tableau 8-14. Simulation 5 rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 5,8 km², dont 2,4 km² de « zones habitées », 1,2 km² de « zones d'activité » et 2,2 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 10 000 habitants et près de 4 200 actifs.

Trois zones se distinguent nettement, elles forment un espace quasi continu de zones potentielles. Nous distinguons ainsi les zones suivantes : Murianette/Domène/Le Versoud, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot. L'importance des populations concernées sur ces communes pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. L'importance des zones concernées de type « zones non occupées » sur ces quatre communes donne la possibilité d'aménager des pôles d'échanges.

En raison des populations concernées, les communes de Domène, Le Versoud et Villard Bonnot sont plus susceptibles que celle de Murianette d'accueillir des pôles d'échanges.

1.5.2. Rive droite

Le Tableau 8-15 indique, pour les zones potentielles des communes de Bernin, Crolles, Meylan et Montbonnot Saint Martin, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Bernin	0,44	0,16	0,13	0,16	427	230
Crolles	2,61	1,09	0,36	1,16	4 147	1 124
Meylan	3,81	1,87	1,76	0,17	12 222	7 304
Montbonnot Saint Martin	1,60	0,65	0,14	0,81	2 049	403
Ensemble	8,46	3,77	2,39	2,28	18 845	9 061

Tableau 8-15. Simulation 5 rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 8,5 km², dont 2,4 km² de « zones habitées », 3,8 km² de « zones d'activité » et 2,3 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent près 19 000 habitants et plus de 9 000 actifs.

Les « zones non occupées » de Bernin, Crolles, Meylan et Montbonnot Saint Martin sont importantes. Elles présentent un intérêt pour aménager les arrêts comme des pôles d'échanges.

Bien que situées sur la rive droite, ces communes présentent un potentiel non négligeable eu égard aux populations concernées (résidents et actifs) et aux superficies des zones concernées (« zones d'activité » et « zones habitées »). Les ensembles de la rive droite sont continus sur les communes de Meylan/Montbonnot Saint Martin, et Crolles/Bernin. Un décrochage de la voie ferrée en direction de Meylan, Montbonnot Saint Martin d'une part et vers Crolles, Bernin d'autre part n'est pas dénué de sens ici.

1.6. Simulation 6

Le scénario privilégie les « **zones d'habitation** » (urbain) (Tableau 8-16). L'indice global de cohérence est de 0,1.

Critère	**Pondération**
Collège	0,0539
Gare	0,1435
Intersection	0,142
Lycée	0,0881
Mairie	0,0696
Urbain	**0,3284**
Zones d'activité	0,1745

Tableau 8-16. Pondérations simulation 6

La Figure 8-6 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

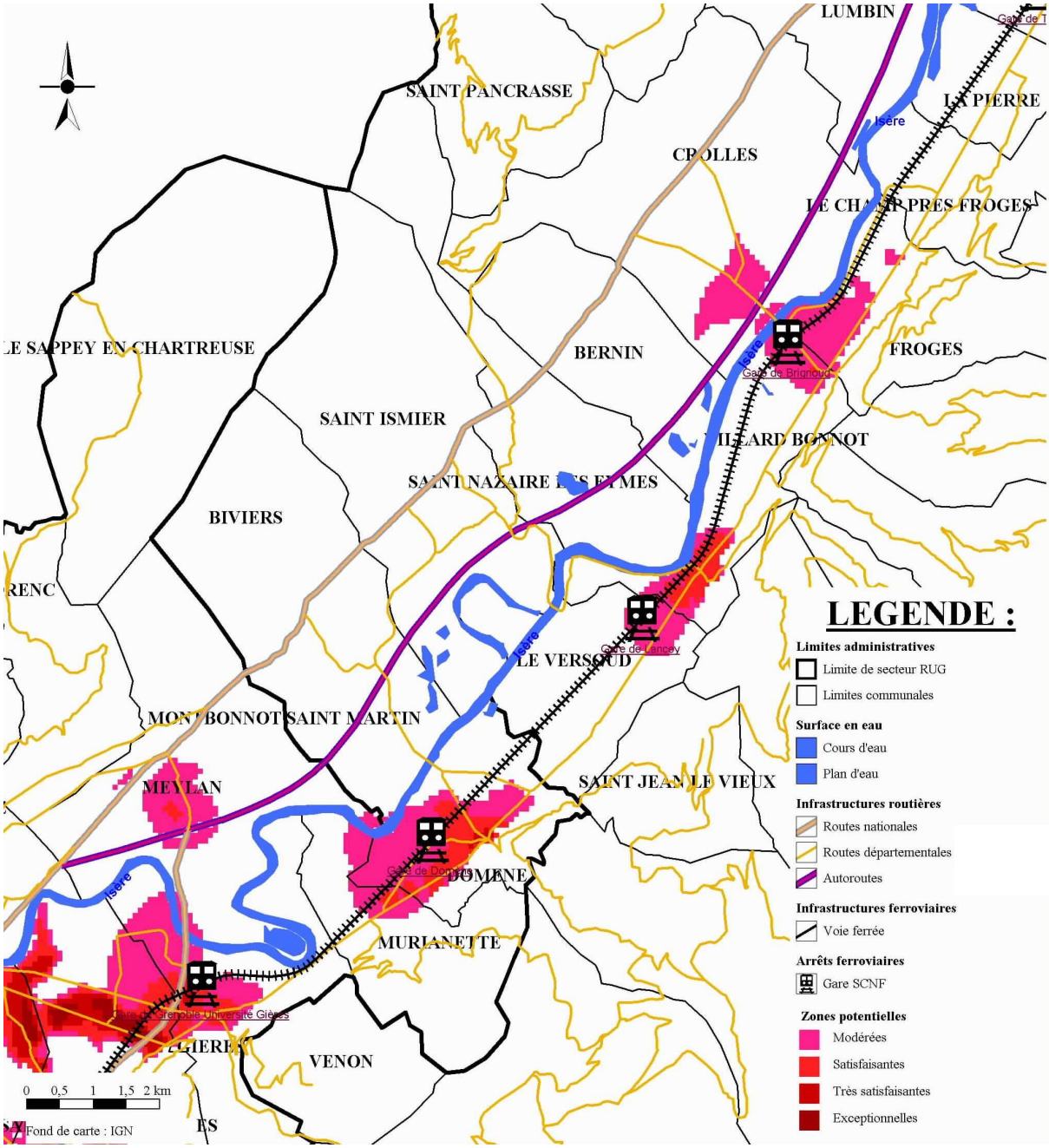


Figure 8-6. Simulation 6 Gières / Crolles

Les zones retenues concernent plus de communes sur la rive gauche que sur la rive droite. Quatre communes sont concernées sur la rive gauche et deux sur la rive droite.

1.6.1. Rive gauche

Le Tableau 8-17 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Domène	2,24	0,72	1,13	0,39	2 040	5 328
Le Versoud	0,60	0,09	0,19	0,31	218	674
Murianette	0,63	0,03	0,08	0,52	73	160
Villard Bonnot	1,22	0,16	0,77	0,30	1 305	3 022
Ensemble	4,69	1,00	2,17	1,52	3 636	9 184

Tableau 8-17. Simulation 6 rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 4,7 km², dont 2,2 km² de « zones habitées », 1 km² de « zones d'activité » et 1,5 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 9 000 habitants et près de 3 700 actifs.

Trois zones se distinguent nettement, elles forment un espace quasi continu de zones potentielles : Murianette/Domène, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot.

L'importance des populations concernées sur les communes de Domène, Villard Bonnot et dans une moindre mesure Le Versoud pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. L'importance des zones concernées de type « zone non occupée » sur ces quatre communes donne la possibilité d'aménager certains nouveaux arrêts comme des pôles d'échanges.

En raison des populations concernées, les communes de Domène, Le Versoud et Villard Bonnot sont plus susceptibles que celle de Murianette (qui dispose cependant d'une importante superficie de « zones non occupées ») d'accueillir des pôles d'échanges.-

1.6.2. Rive droite

Le Tableau 8-18 indique, pour les zones potentielles des communes de Crolles et Meylan, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Crolles	1,00	0,27	0,05	0,69	1 010	161
Meylan	1,28	0,60	0,21	0,48	3 933	852
Ensemble	2,28	0,87	0,26	1,17	4 943	1 014

Tableau 8-18. Simulation 6 rive droite

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 2,3 km², dont 0,9 km² de « zones habitées », 0,3 km² de « zones d'activité » et 1,2 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent près 1 000 habitants et près de 5 000 actifs.

Les « zones non occupées » de Crolles et de Meylan sont importantes. Elles présentent un intérêt pour développer les arrêts comme des pôles d'échanges. Bien que situées sur la rive droite, ces communes présentent un potentiel non négligeable eu égard aux populations concernées (résidentes et employées) et aux superficies des zones concernées (zones d'activité et zones d'habitats). Un décrochage de la voie ferrée en direction de Meylan d'une part, et vers Crolles d'autre part n'est pas dénué de sens.

1.7. Simulation 7

Ce scénario privilégie l'emplacement des stations à proximité des « **zones d'activité** » (Tableau 8-19). On privilégie la recherche des zones vers lesquelles se dirigent les individus. L'indice global de cohérence est de 0,09.

Critère	**Pondération**
Collège	0,0636
Gare	0,0382
Intersection	0,0647
Lycée	0,0449
Mairie	0,091
Urbain	0,1254
Zones d'activité	**0,5722**

Tableau 8-19. Pondérations simulation 7

La Figure 8-7 indique les résultats de l'AMC pour la zone comprise entre Gières et Crolles.

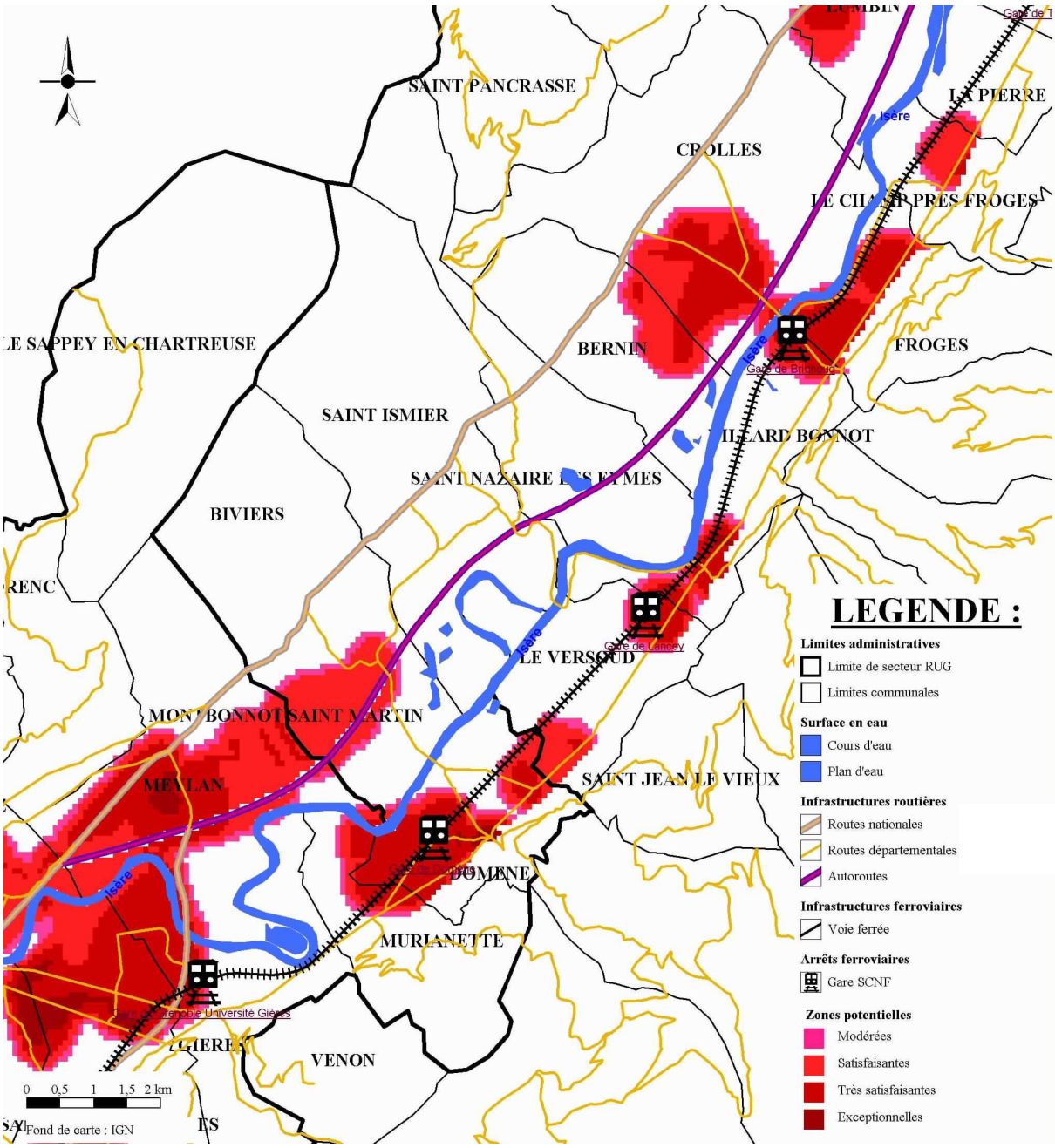


Figure 8-7. Simulation 7 Gières / Crolles

Les zones retenues sont donc plus restreintes. On peut y voir des différences selon les rives. Quatre communes sont concernées sur la rive gauche et autant sur la rive droite.

1.7.1. Rive gauche

Le Tableau 8-20 indique, pour les zones potentielles des communes de Domène, Froges, Gières, Le Versoud, Murianette et Villard-Bonnot, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive gauche	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Domène	2,62	0,78	1,05	0,78	2203	4994
Le Versoud	1,28	0,25	0,44	0,59	594	1532
Murianette	0,83	0,03	0,09	0,71	73	175
Villard Bonnot	1,29	0,16	0,92	0,22	1305	3618
Ensemble	6,03	1,23	2,50	2,30	4175	10319

Tableau 8-20. Simulation 7 rive gauche

Les zones potentielles de ces communes couvrent une superficie de 6 km², dont 2,5 km² de « zones habitées », 1,2 km² de « zones d'activité » et 2,3 km² de « zones non occupées ». Les zones occupées concernent plus de 10 000 habitants et près de 4 200 actifs.

Trois zones se distinguent nettement, elles forment un espace quasi continu de zones potentielles. Nous distinguons ainsi les zones suivantes : Murianette/Domène/Le Versoud, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot. L'importance des populations concernées pourrait justifier la création de nouveaux arrêts. L'importance des zones concernées de type « zone non occupée » sur ces quatre communes donne la possibilité d'aménager certains nouveaux arrêts comme des pôles d'échanges.

En raison des populations concernées, les communes de Domène, Le Versoud et Villard Bonnot sont plus susceptibles que celle de Murianette d'accueillir des pôles d'échanges.

1.7.2. Rive droite

Le Tableau 8-21 indique, pour les zones potentielles des communes de Bernin, Crolles, Meylan et Montbonnot Saint Martin, le détail des résultats obtenus pour les différents types d'occupation du sol.

Communes rive droite	Superficie de la zone (km²)	Zone activité (km²)	Zone habitat (km²)	Zone non occupée (km²)	Population employée dans la zone potentielle (nb. personnes)	Population résidente dans la zone potentielle (nb. personnes)
Bernin	1,08	0,16	0,20	0,72	427	361
Crolles	3,24	1,09	0,47	1,68	4147	1476
Meylan	5,65	1,87	2,03	1,74	12222	8414
Montbonnot Saint Martin	2,13	0,65	0,24	1,24	2048	684
Ensemble	12,10	3,77	2,95	5,38	18844	10935

Tableau 8-21. Simulation 7 rive droite

Les zones potentielles des communes de la rive droite couvrent une superficie de 12,1 km², dont 3 km² sont des zones résidentes, 3,8 km² de zones d'activité et 5,4 km² sont de zones non occupées. Elles concernent près 11 000 habitants et près de 19 000 actifs.

Nous remarquons que les ensembles de la rive droite sont continus sur les communes de Meylan/Montbonnot Saint Martin, et Crolles/Bernin. Bien que situées sur la rive droite Meylan et Crolles présentent pour l'implantation de station une possibilité eu égard aux espaces non occupés et de la population concernée. Des décrochages de la voie ferrée en direction de Meylan et Crolles ne sont pas à exclure.

A travers les 7 simulations présentées, nous observons des différences entre les communes de la rive gauche et celles de la rive droite. Autant les zones potentielles des communes de la rive gauche sont marquées par la stabilité des résultats, autant celles de la rive droite sont marquées par une certaine volatilité.

2. LE CHOIX DES ARRETS

Au regard des simulations exposées nous voyons que les situations diffèrent pour chaque commune selon les pondérations choisies. Les facteurs déterminants sont les « zones habitées », les « zones d'activité » et les « intersections ». Le choix d'implantation d'arrêts se restreint aux espaces « occupés » et « non occupés ». Une synthèse de l'ensemble des simulations peut nous aider à arbitrer sur le choix des implantations des arrêts ainsi que sur les aménagements nécessaires.

2.1. Comparaison des communes selon les simulations.

2.1.1. Les communes de la rive gauche

La Figure 8-8 présente pour les 7 simulations la population résidente concernée de chaque commune de la rive gauche.

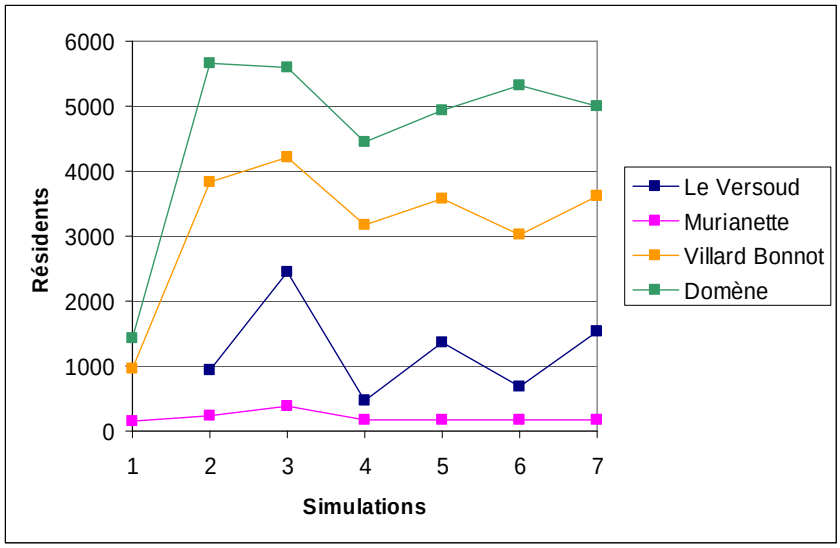


Figure 8-8. Population résidentielle de la rive gauche

Comme l'indique la Figure 8-8, à l'exception de la commune du Versoud pour la première simulation, les résidents des 4 communes de la rive gauche sont concernés dans toutes les simulations effectuées.

La Figure 8-9 illustre les résultats pour la population active.

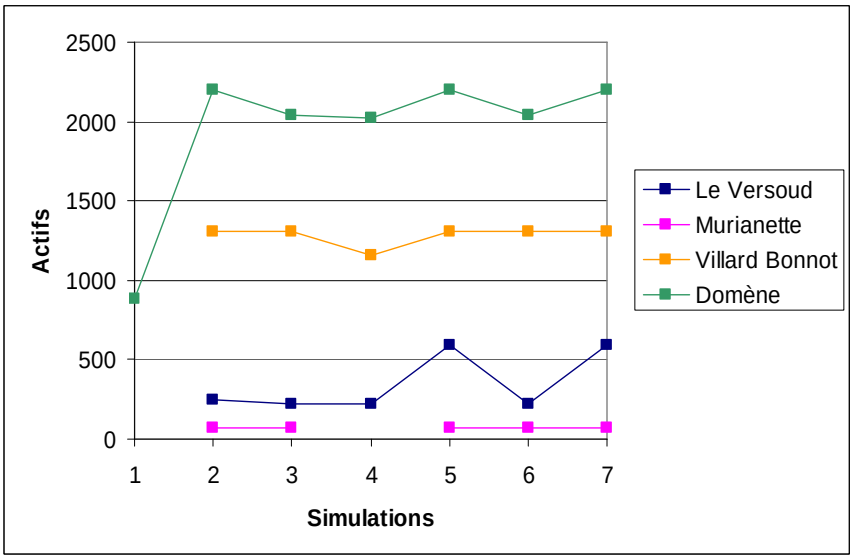


Figure 8-9. Population active de la rive gauche

Les populations résidentes et actives ne sont pas concernées de la même façon selon les communes et les scénarios. Pour certaines communes, les volumes de populations concernées restent stables alors qu'ils peuvent être parfois irréguliers pour d'autres.

2.1.2. Les communes de la rive droite

La Figure 8-10 présente pour les 7 simulations la population résidente concernée de chaque commune de la rive droite.

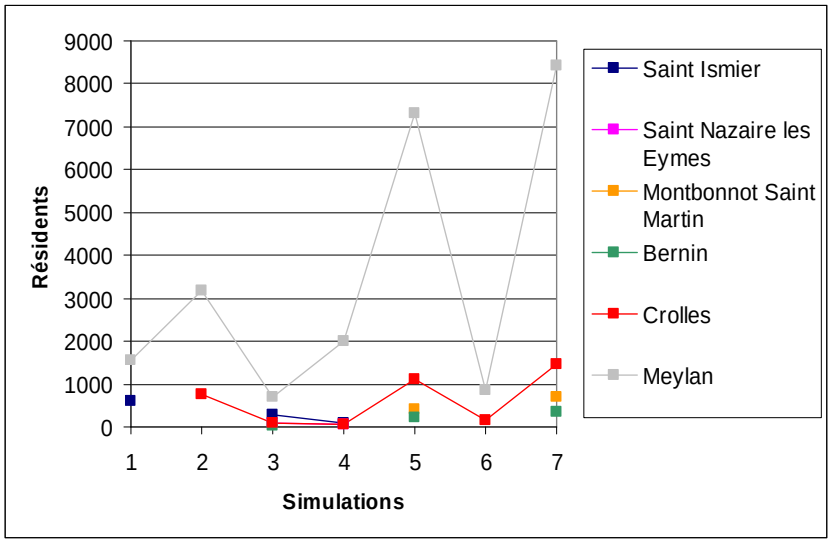


Figure 8-10. Population résidentielle de la rive droite

Comme l'indique la Figure 8-10, les résidents des communes de Meylan et Crolles sont concernés dans presque toutes les simulations effectuées (sauf la simulation 1 pour Crolles). Les résidents des autres communes apparaissent occasionnellement.

La Figure 8-11 montre les résultats pour la population active.

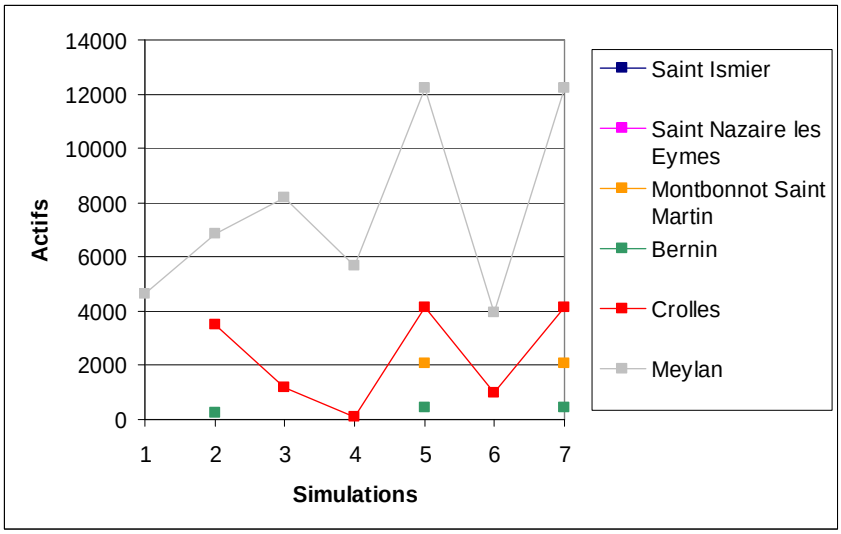


Figure 8-11. Population active de la rive droite

La population active apparaît de façon irrégulière pour toutes les communes à l'exception de Meylan et Crolles.

La Figure 8-12 synthétise les résultats obtenus pour chaque commune sur les 7 simulations testées.

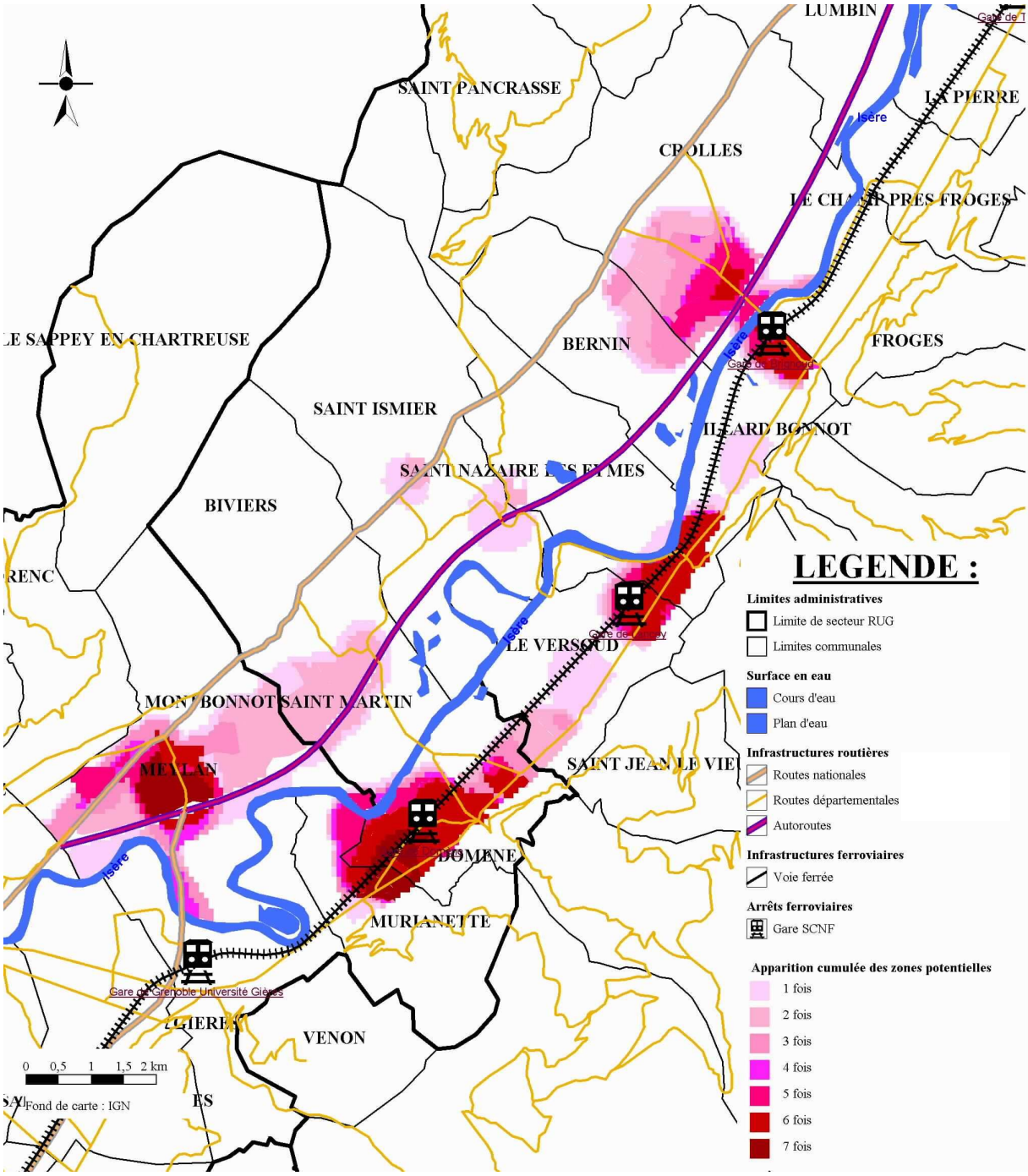


Figure 8-12. Apparition cumulée sur les 7 simulations des zones potentielles

Ainsi au regard de la Figure 8-12 nous nous apercevons que :

- Les communes de Domène, Le Versoud et Villard Bonnot comptent plusieurs zones potentielles. Elles sont de deux types : celles qui apparaissent 6 ou 7 fois et celles qui apparaissent moins de 3 fois.

- Les zones multi communales comme celles de Murianette/Domène, Le Versoud/Villard Bonnot et Villard Bonnot apparaissent 6 ou 7 fois. Elles sont le signe d'un regroupement, d'une concentration des facteurs considérés dans notre analyse.
- Nous constatons également l'existence de zones potentielles à fréquence d'apparition plus faible (1, 2 ou 3 fois) sur les communes de Villard Bonnot et Le Versoud. Villard Bonnot dispose donc de plusieurs types d'espaces.

La Figure 8-12 associée aux Figure 8-8, Figure 8-9, Figure 8-10 et Figure 8-11 permet de formuler des hypothèses sur les choix d'implantation de nouveaux arrêts venant compléter les arrêts existants. Pour chaque rive il existe deux types de communes :

- celles qui justifient la présence de plusieurs haltes tram-train (Villard Bonnot, Domène, Meylan et Crolles),
- celles ne nécessitant pas la présence de plusieurs haltes tram-train (Murianette, Le Versoud, Saint Ismier, Saint Nazaire les Eymes, Montbonnot Saint Martin et Bernin).

Les facteurs déterminants sont les « zones d'activité », les « zones habitées » et les « intersections routières ». Ils définissent la nature des arrêts tram-train et donc le service et les aménagements qui en découlent car ils donnent un ordre de grandeur de la population concernée.

2.2. Le choix des arrêts

Il ne nous appartient pas de nous substituer aux exploitants en définissant ici les conditions d'exploitation d'un service tram-train. Nous cherchons seulement à montrer ici que le dimensionnement des capacités des arrêts, leurs dessertes systématiques ou optionnelles par le tram-train ainsi que leurs fonctions de pôles ou de simple halte ont une incidence sur les relations qu'entretiennent arrêts de tram-train et espace proche.

Selon les simulations, la superficie des zones potentielles des communes varie. Ces différences pour une même commune suggèrent de réfléchir aux aménagements possibles. Selon la fréquence d'apparition d'une zone, on peut distinguer celles qui nécessitent des arrêts systématiques et celles pour lesquelles les arrêts peuvent être optionnels.

Les stations jaunes (Figure 8-13) et bleues (Figure 8-14**) matérialisent des emplacements possibles** de stations d'arrêt. Elles apparaissent le long de la voie ferrée dans les zones potentielles. La distance interstation est de l'ordre de 800 mètres, elle correspond à celle rencontrée entre deux arrêts sur une ligne de tramway. Ces emplacements ne préfigurent pas pour autant les caractéristiques de la ligne tram-train.

2.2.1. Les pôles d'échanges

Ils sont susceptibles d'accueillir de nombreux équipements à condition de disposer d'espaces non occupés en superficie suffisante. La Figure 8-13 souligne les espaces non occupés sur lesquels il est possible d'implanter des pôles d'échanges.

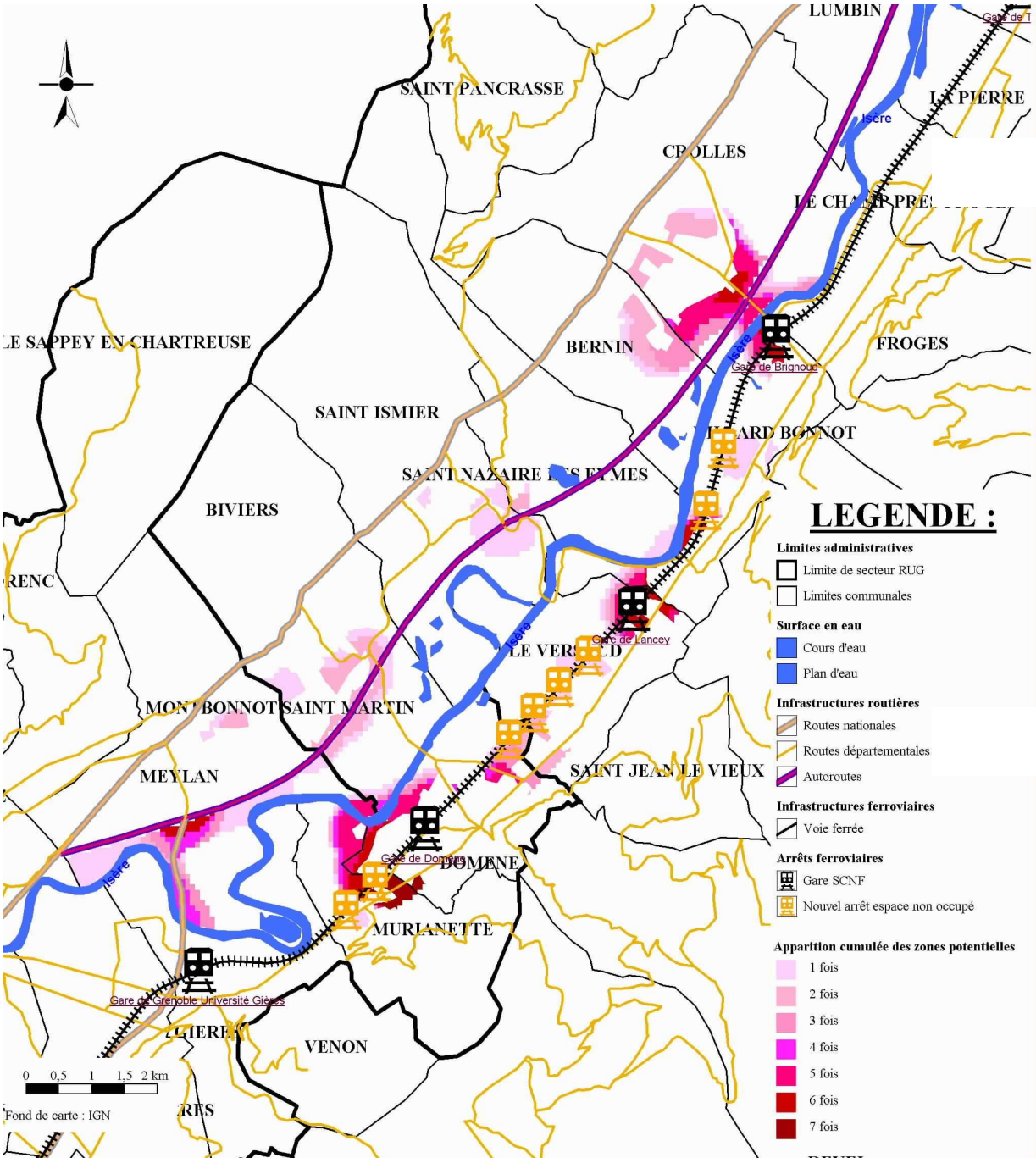


Figure 8-13. Hypothèses de pôles multimodaux dans les espaces non occupés

Les communes de Murianette, Domène et Villard Bonnot, disposent de zones potentielles étendues et vastes, les possibilités d'aménagements aux arrêts (gares en jaunes) sont alors nombreuses. Ces « gares jaunes » illustrent des emplacements possibles pour des arrêts, il ne

s'agit pas de tous les implanter. Ils sont le plus souvent présents sur les communes de Murianette et Le Versoud où les populations concernées sont les moins nombreuses.

Des pôles d'échanges sur Domène et Villard Bonnot sont plus difficilement réalisables, les espaces non occupés sont peu nombreux, de petite superficie.

2.2.2. Les haltes

La Figure 8-14 rappelle les zones occupées sur lesquelles des créations de haltes sont possibles. Les « gares bleues » indiquent des emplacements possibles, tous ne doivent pas être retenus et ne sont là qu'à titre indicatif.

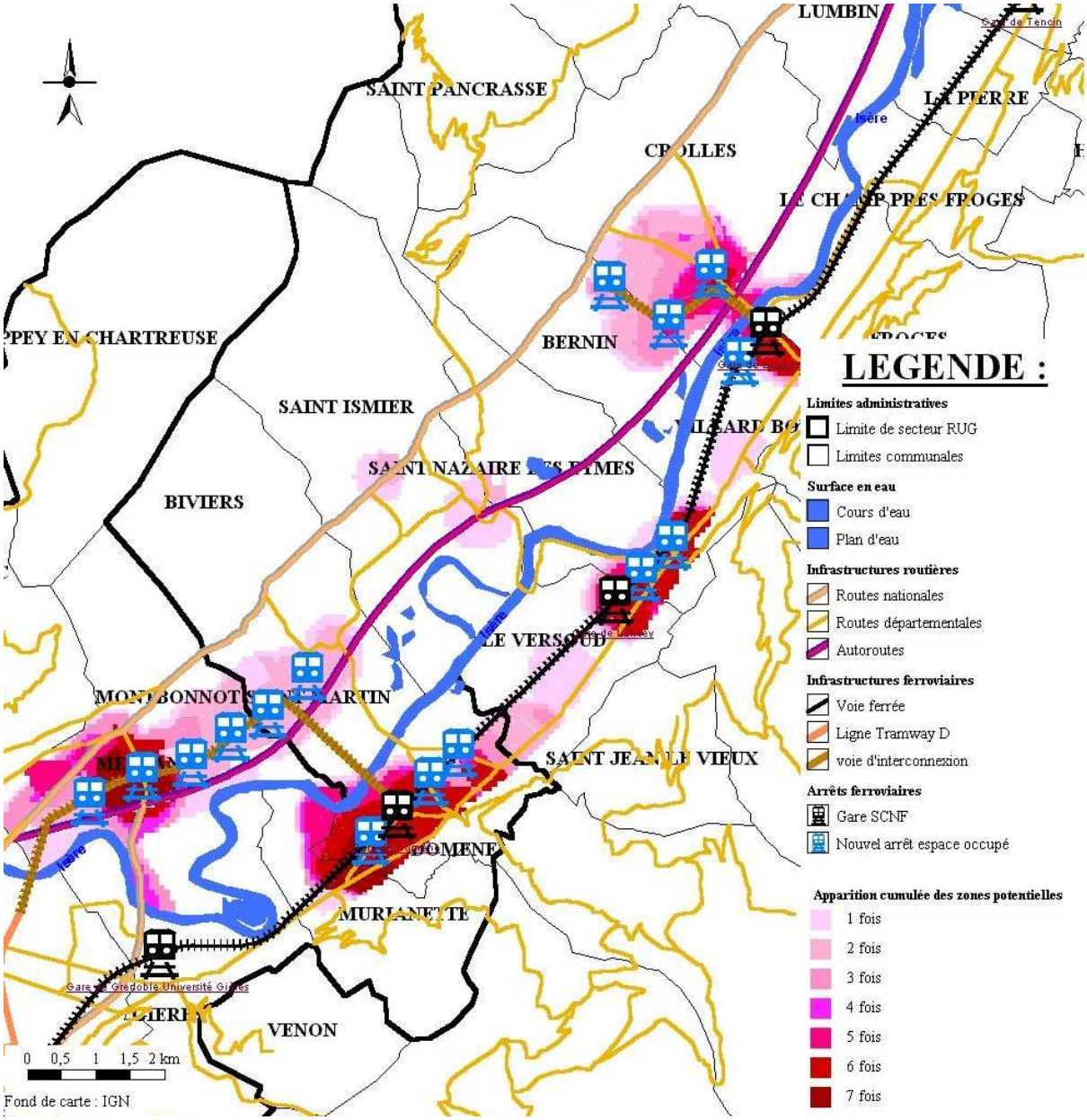


Figure 8-14. Hypothèses de haltes dans les espaces occupés

Les arrêts sans aménagement spécifique sont ainsi concentrés sur les communes de Domène et Villard Bonnot. Leur emplacement doit être fonction de la récurrence des zones.

Nous avons évoqué à plusieurs reprises, lors de la présentation des 7 simulations, des possibilités de desserte par des décrochages sur les communes de Crolles et Meylan sur la rive droite en raison des populations concernées importantes. Toutes les communes de la rive droite ne peuvent être retenues pour l'implantation de stations de tram-train ; néanmoins elles justifient que nous nous intéressions à leur cas.

Les zones potentielles des communes de Saint Ismier et de Saint Nazaire les Eymes sont peu importantes et bien trop éloignées de Meylan et de Crolles pour représenter des opportunités de décrochages.

Depuis Villard Bonnot, et moyennant la réalisation d'un tronçon ferroviaire enjambant l'Isère, la desserte de Crolles est possible.

Meylan est plus problématique à desservir dans l'état actuel des choses, elle se trouve du mauvais coté de la rive pour ainsi dire. Or, elle représente dans toutes les simulations une population concernée importante. La desserte par un tram-train prend une dimension toute différente si l'extension de la ligne D de tramway vers Meylan se réalise (Chapitre 4 paragraphe 2.1). Les communes de Saint Ismier, Saint Nazaire les Eymes et Bernin ne présentant pas actuellement un intérêt de desserte, il faut considérer qu'un tram-train circulant sur Meylan desservirait également la partie Bonimontaine de la ZIRST pour redescendre ensuite via Montbonnot vers Domène et s'interconnecter au réseau ferroviaire national assurant ainsi une liaison Meylan/Crolles. Gières serait évité en passant par Meylan, nous aurions alors :

- Une desserte tram-train rive gauche : Gières-Murianette-Domène-Le Versoud-Villard Bonnot et Crolles/Bernin.
- Une desserte tram-train rive droite : Meylan-Montbonnot Saint Martin-Domène-Le Versoud-Villard Bonnot et Crolles/Bernin

Ces remarques militent véritablement pour un projet tram-train, bien qu'il ne s'agisse pas de l'objet de ce travail. **Nous cherchons à mettre en évidence qu'un projet de transport public périurbain de type tram-train doit nécessairement s'inscrire dans une dynamique de multiplication des dessertes, pour répondre aux mobilités des personnes. A ce titre, une logique de phasage des projets et de maillage à long terme d'un territoire doit être privilégiée. Le véritable enjeu en termes de déplacements se situe dans <u>la mise en relation des espaces</u> pour répondre aux demandes de mobilité des individus.**

A la lumière des Figure 8-13 et Figure 8-14 une contradiction dans le choix des types de haltes apparaît :

Les pôles multimodaux sont plus facilement réalisables là ou les espace libres sont les plus importants mais ils sont localisés dans les communes où les populations concernées sont les moins nombreuses.

- Les haltes sans aménagements importants, en raison du manque de superficie disponible, sont localisées dans les communes où la population concernée est la plus nombreuse. Ces communes justifieraient donc l'aménagement des arrêts comme des pôles favorisant l'intermodalité.
- Il peut être judicieux de multiplier les arrêts dans les communes de Domène et Villard Bonnot avec des distances interstations courtes. Quant aux pôles d'échanges, leurs localisations semblent la plus pertinente aux frontières des zones occupées et non occupées.

Enfin, les différentes simulations de notre analyse multi critère peuvent nous orienter sur la nature des dessertes des haltes.

2.3. Les dessertes systématiques / occasionnelles des arrêts

A partir de la population concernée des communes dans chaque simulation (Figure 8-15 et Figure 8-16) nous pouvons nous interroger sur la nature des dessertes tram-train de chaque commune. Le seuil plancher pour définir dans chaque scénario si la desserte doit être permanente ou occasionnelle est fixé à 2 000 personnes (le tram-train est adapté pour des flux de 2 000 à 25 000 dépl./j)[69].

[69] entretien KVV Marc Perez

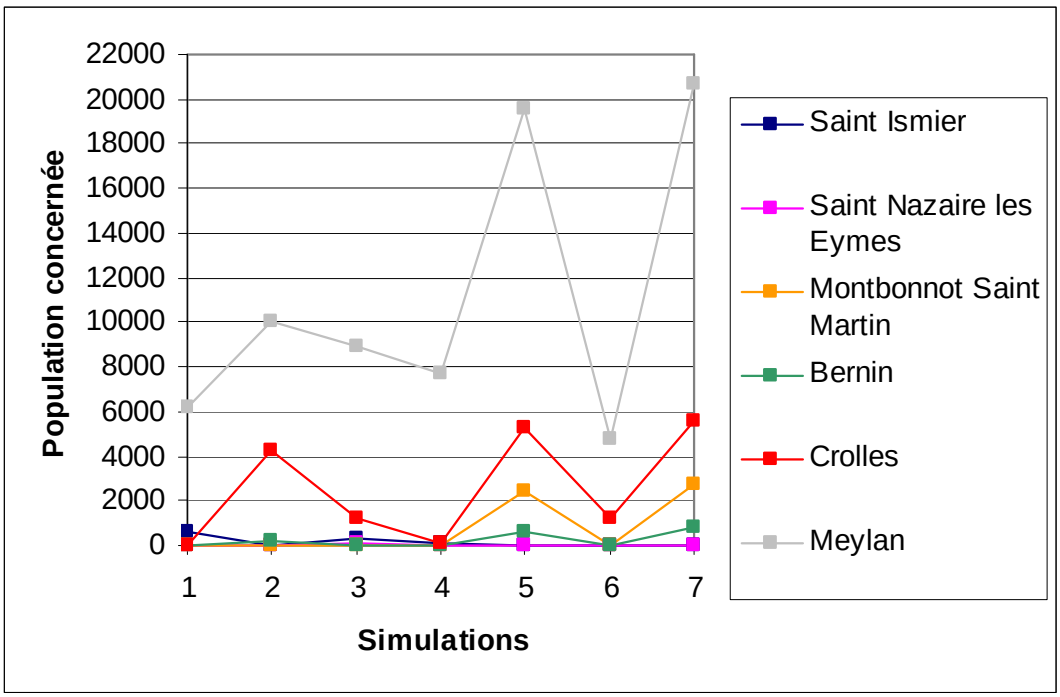


Figure 8-15. Actifs et résidents des communes de la rive droite pour chaque simulation

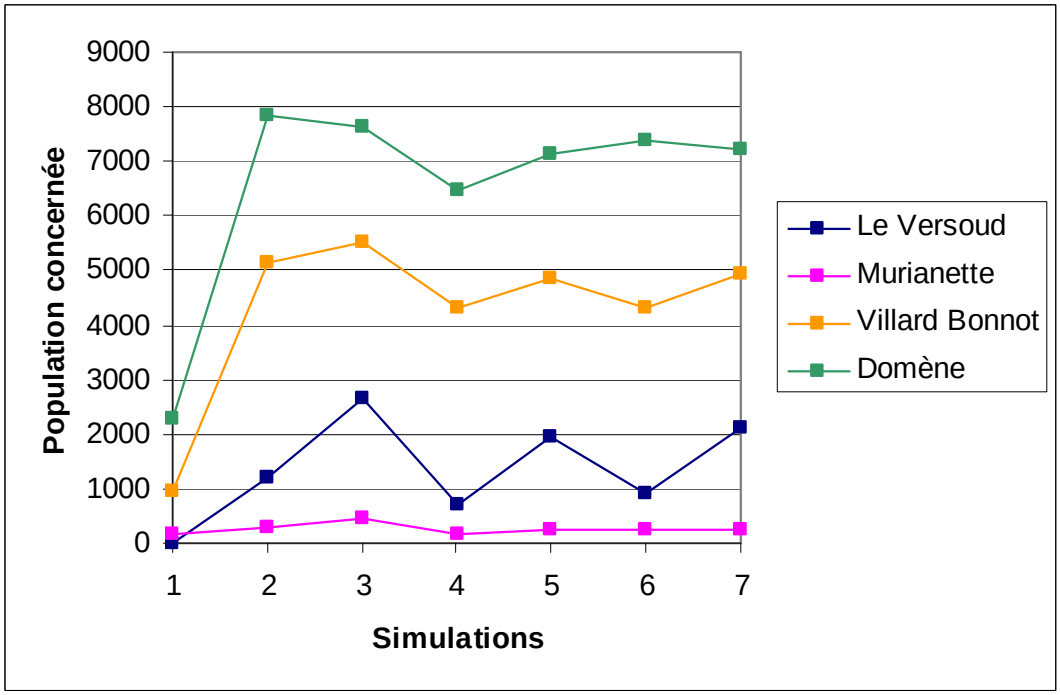


Figure 8-16. Actifs et résidents des communes de la rive gauche pour chaque simulation

Le Tableau 8-22 illustre la situation de chaque commune pour chacune des simulations.

Quelles que soient les simulations, les populations concernées sur les communes de Villard Bonnot, le Versoud, Domène, Meylan et Crolles sont importantes. Elles justifient de dessertes permanentes.

Communes	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Desserte
		O	P	O	P	O	P	**Permanente**
Murianette	O	O	O	O	O	O	O	Occasionnelle
Villard Bonnot	P	P	P	P	P	P	P	**Permanente**
Domène	P	P	P	P	P	P	P	**Permanente**
Bernin			O		O		O	Occasionnelle
Crolles		O	O	P	P	O	P	**Permanente**
Meylan	P	P	O	P	P	O	P	**Permanente**
Montbonnot Saint Martin					P		P	Occasionnelle
Saint Ismier	O		O	O				Occasionnelle
Saint Nazaire les Eymes			O	O				Occasionnelle

Tableau 8-22. Desserte tram-train des communes

A l'inverse, les autres communes nécessitent plutôt des dessertes occasionnelles puisque les quantités de population concernée sont faibles ou inexistants dans certains scénarios.

Nous pouvons ainsi imaginer une desserte des communes de la rive gauche (Figure 8-17). Des aménagements tels que des voies d'évitement sont à prévoir pour assurer la circulation du tram-train.

- Les arrêts SNCF « gare de Domène », « gare de Lancey » et « gare de Brignoud » constituent des dessertes permanentes pour assurer des liaisons avec le service TER. Les aménagements à apporter doivent prendre en compte les pratiques d'intermodalité.
- Des dessertes permanentes concernent Meylan, Domène, Le Versoud, Villard Bonnot et Crolles/Bernin. Les zones potentielles de ces communes sont composées quasi exclusivement de « zones habitées » et de « zones d'activité » (Figure 8-13).
- Des dessertes occasionnelles concernent Montbonnot Saint Martin, Muriannette, Le Versoud et Villard Bonnot. Les zones potentielles de ces communes sont composées de nombreuses zones non occupées (Figure 8-14) situées non loin de l'Isère.

Dans la mesure où de nombreuses routes irriguent depuis la D 523 les communes des Balcons de Belledonne, le statut des arrêts peut évoluer. Les points d'arrêts doivent représenter un « point nodal de communication » (TROIN, 1995, p. 111) avec le reste du territoire.

Les communes de la rive gauche comme Domène et Villard Bonnot offrent le plus de possibilités quant au choix du type des stations de tram-train. Crolles/Bernin représentent une destination terminale du tracé de la ligne tram-train. Meylan trouve une légitimité dans une logique de phasage et de combinaison de projets.

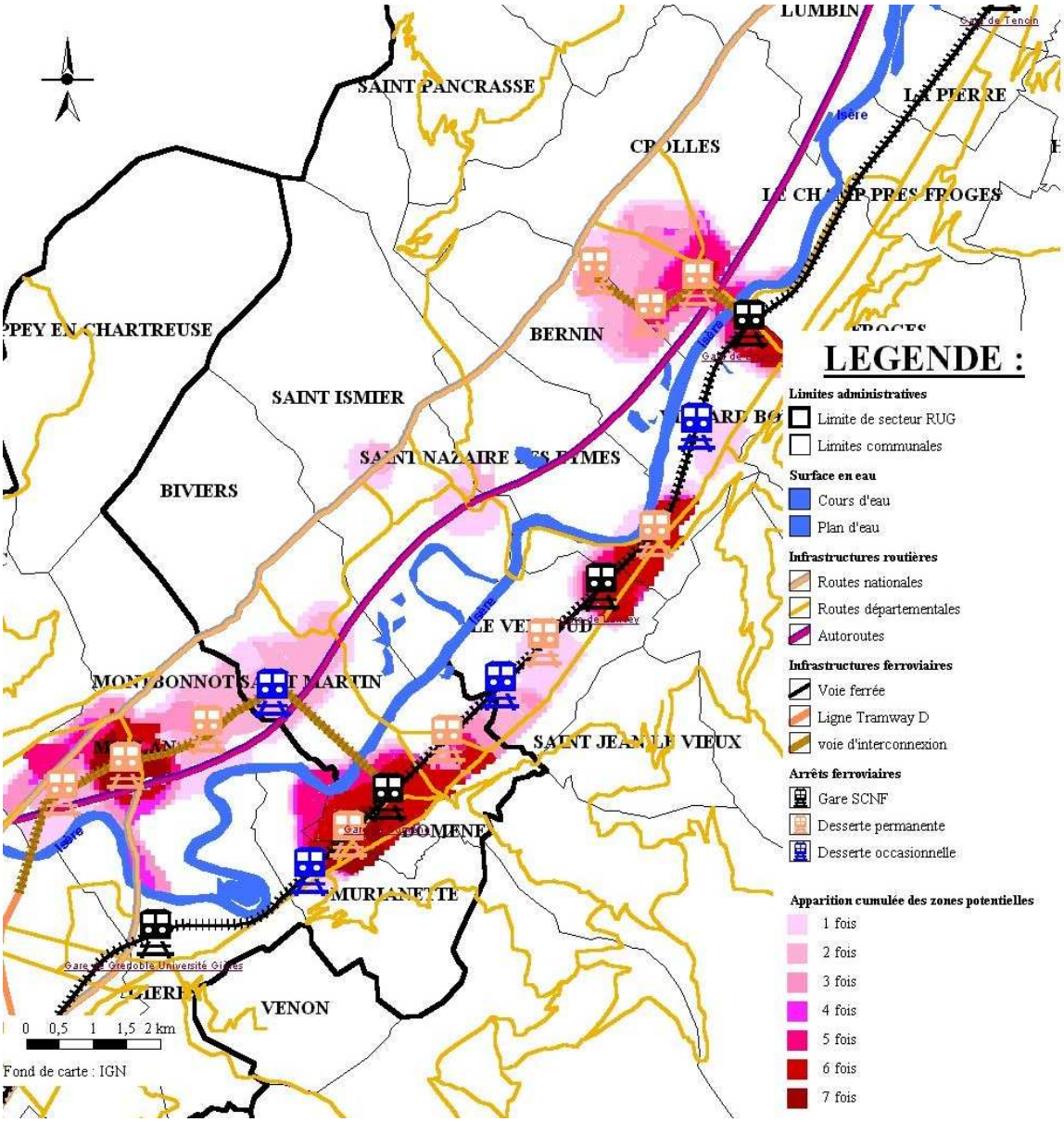


Figure 8-17. Arrêts du tram-train dans la vallée du Grésivaudan

La Figure 8-18 schématise sous forme d'un graphe le statut des arrêts dans les communes de la rive gauche présentés sur la Figure 8-17.

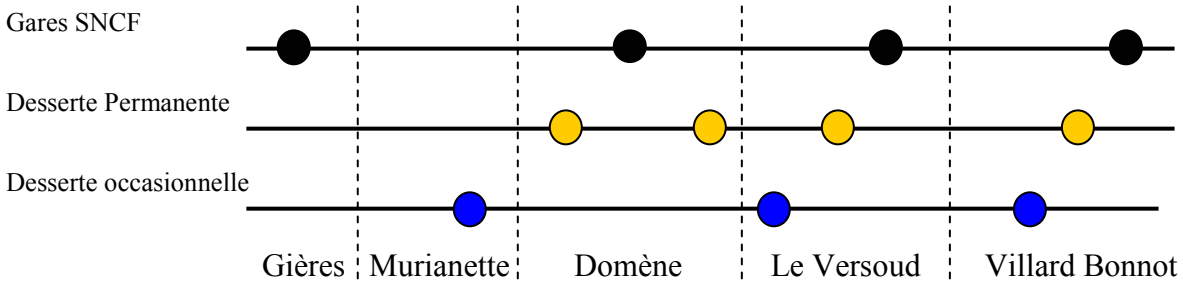


Figure 8-18. Graphe des arrêts

Les distances inter stations en milieu urbain peuvent atteindre 400 m, les autres sont de l'ordre de 2000 mètres. Les emplacements et les distances interstations ne préfigurent pas de l'implantation d'arrêts et apparaissent à titre indicatif.

Ainsi, selon les horaires de la journée, des combinaisons de desserte possible des arrêts peuvent être différentes :

- Tous les arrêts peuvent être desservis le matin et le soir pour faire face aux mouvements quotidiens des pendulaires et offrir ainsi un choix de mode de déplacement.
- On voit par exemple que les résultats sur la commune du Versoud sont influencés par les établissements scolaires. La desserte d'un arrêt tram-train à proximité du collège doit ainsi tenir compte des jours et des horaires d'ouverture de l'établissement.

Toutefois, cette dernière remarque, apparemment de bon sens, se trouve en contradiction avec un principe essentiel du bon fonctionnement et surtout de l'attractivité des transports publics, celui de la régularité et de la fréquence la plus élevée possible en tous les points d'arrêts d'une ligne. En effet il est essentiel que l'offre standard (hors renforcements éventuels) soit affranchie des contingences particulières, sauf à rechercher un effet inverse, celui de repousser les usagers !

La frontière entre méthode d'aide à la décision et exploitation d'un service vient de nouveau d'être franchie. Ceci nous amène à la remarque suivante : l'utilisation de l'aide à la décision pour l'implantation des arrêts constitue également une aide particulièrement précieuse pour l'exploitation de la ligne, les aménagements des arrêts et au final une aide à l'aménagement et à la structuration de l'espace, mais ne constitue pas pour autant une « vox dei ».

Deux remarques générales peuvent être formulées concernant les projets de transports publics :

- la desserte systématique ou occasionnelle aux arrêts oriente les décideurs sur les aménagements nécessaires à apporter aux arrêts ;
- l'aménagement de l'espace dans le périmètre de proximité des arrêts est fonction de la nature de la desserte.

2.4. Les aménagements

Les zones disponibles permettent des aménagements qui peuvent être :

- de nature ferroviaire (Chapitre 5 paragraphe 2.1.2.7),

- au service des usagers (Chapitre 3 paragraphe 2.5) et qui ne soient pas limités aux seuls usagers de la commune mais utiles à tous ceux qui sont susceptibles d'emprunter les transports en commun. Par exemple, le dimensionnement des parkings relais doit prendre en compte les populations provenant des nombreuses routes desservant les balcons de Belledonne. En complément, des services de transport à la demande (TAD) peuvent être aussi envisagés.

Les solutions proposées à l'aide de l'analyse multicritère ne sont pas optimales. Bien que des résultats globaux soient formulés, il est nécessaire de relancer de telles analyses en privilégiant un seul facteur pour avoir une connaissance plus fine de la zone desservie et donc du service à adopter. Ainsi, après avoir réalisé plusieurs analyses multicritères nous devons effectuer une analyse monocritère permettant de proposer des décisions cohérentes avec l'espace à desservir.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

La portée des analyses multicritères effectuées dans un cadre d'aide à la décision pour l'implantation d'arrêts tram-train est importante, elle peut être d'une grande utilité dans le domaine de l'occupation et de l'aménagement de l'espace. Les résultats numériques ne sont dans notre cas que purement illustratifs en raison d'une échelle de travail trop grande. Néanmoins, ils soulignent l'importance de travailler sur des données adaptées. Pour un travail comme celui-ci, il est important d'appréhender la question des concentrations de populations sous la forme des « *densités humaines nettes* ((nombre d'habitants + nombre d'emplois) / surface urbaine) *qui offrent une solution pour les comparaisons de tissus différents et permet de dépasser, statistiquement et intellectuellement les effets de zonage* » (PUMAIN, 1998, p. 183).

A titre de comparaison, les tram-trains en circulation et les projets à venir présentent ces caractéristiques :

- Karlsruhe-Bretten 28 km : 56 000 habitants dans le périurbain (population 1992).
- Strasbourg-Bruche-Piémont 47 km : 76 000 habitants dans le périurbain (INSEE, RGP 1999)
- Grenoble-Crolles 20 km : 56 000 habitants dans le périurbain (INSEE, RGP 1999).

En comparaison du tram-train de Karlsruhe ou du TTSBP, le tram-train dans la vallée du Grésivaudan entre Grenoble et Crolles se situe dans la norme.

CONCLUSION

La méthode utilisée, bien qu'ancrée dans une démarche d'analyse spatiale, a nécessité des apports d'autres disciplines telles que la sociologie, l'économie et même le droit… Cela s'est avéré indispensable, au risque de ramener l'objet de ce travail à sa seule dimension technique (qui ne l'est pas !) et de se couper ainsi de la réalité de l'objet étudié, dans son cadre spatial ! La méthode élaborée est évidemment perfectible (d'autres critères doivent sans doute être pris en compte), mais elle n'en est pas moins transposable à d'autres études de ligne de tram-train, et plus généralement à d'autres systèmes de transport public en site propre.

La périurbanisation, ancrée comme un processus d'évolution spatiale de la ville plutôt qu'un « phénomène passager », semble irréversible. Le territoire s'artificialise (construction d'infrastructures, urbanisation…) peu à peu. L'utilisation systématique de la voiture particulière pour les déplacements, qu'ils soient urbains ou périurbains, présente de nombreux inconvénients et génère d'importantes pollutions, notamment des émissions de gaz à effet de serre.
Les problèmes de pollution seront considérés comme résolus… dès que la voiture « propre » dotée d'une nouvelle technologie aura vu le jour ! Mais cela ne règlera qu'une partie du problème et ne répondra pas pour autant à la saturation des axes de circulation, ni tout simplement aux besoins de déplacements. La question de la desserte des espaces périurbains reste donc entière.

Avec la généralisation de l'utilisation des modes individuels de déplacement, la logique de proximité temporelle des fonctions (habitat, service, travail, loisirs) s'est substituée à leur logique spatiale. Si l'on considère que « *l'expansion urbaine réside dans les capacités de connexions des espaces plus que dans la croissance de la population* » (PUMAIN, 1998, p. 155) alors le développement des réseaux de transport en commun périurbain en site propre doit s'organiser autour de cette question.

Ces modes permettent de transporter des individus et contribuent à la structuration des espaces traversés, mais ils possèdent également d'autres qualités qui doivent être valorisées. Leur fonction sociale est indéniable, ils constituent un élément d'intégration dans notre société quel que soit l'espace de résidence. Ils favorisent la mobilité des captifs et assurent l'accès au marché du travail sur un territoire étendu pour les catégories défavorisées non motorisées, on évoque le concept de « *spatial mismatch* » (désajustement spatial) (ORFEUIL 2001, p. 7). Dès lors, la non-mobilité en automobile ne devient plus un signe d'exclusion, l'isolement relatif des populations de certains quartiers peut être compensé par un accroissement de leur mobilité. Ces réseaux de transports peuvent ainsi devenir des éléments d'une mobilité sociale et favoriser la mixité sociale en permettant à chacun de se déplacer sur l'ensemble du territoire (DONZELOT, 2006).

La desserte périurbaine par les transports publics n'est pas astreinte à une révolution des modes, ni à l'apparition de nouvelles technologies mais à l'évolution des techniques et des mentalités. Les actions sur la mobilité, avec le concours des transports publics, ne se résument pas seulement à des investissements engagés, il faut s'interroger sur le sens de la politique des transports et la dimension sociale qui lui est associée. Il s'agit là d'une évolution lourde dans la perception et la conception des questions relatives aux déplacements des individus. Quel que soit le mode de transport, son succès repose sur l'imbrication entre l'espace dans lequel il évolue et celui dans lequel les hommes vivent et agissent. Ce travail n'a pas d'autre ambition que d'y contribuer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEMAND D., BOUILLIN P., 1985 : *Le Tramway de Grenoble à Chapareillan : T.G.C ; Le Funiculaire de Saint-Hilaire du Touvet,* ed Bouillin, 192 p.

ARCHAMBEAU Y., BIGNON J., DUSSOUBS G., 1976 : *Le moyen Grésivaudan un type d'espace péri urbain,* Thèse de doctorat de 3ème cycle, 235 p.

ADEME, CERTU, GART, 1996 : *Les déplacements urbains en provinces,* Paris. 159 p.

ADTC, Bulletin n°104, juin 2005

ADTC, *Le train-tramway, une chance pour la région urbaine grenobloise*, ADTC, Février 1998, hors série, 27 p.

AGENCE D'URBANISME DE LA RÉGION GRENOBLOISE, 2001 : *L'atlas de la région urbaine grenobloise : recensement général de la population 1999, Agence d'urbanisme de la région urbaine grenobloise*, 48 p.

ANDAN O., TABOURIN E. 1998 : *Croissance et recomposition socio-économique des espaces urbains,* in Données urbaines tomes 2 (dir. Pumain D. et Mattei M.F.), ed. Economica, coll. Villes, pp. 273-285.

ARNOKL P, THONIAS I., *Localisation optimale et transport multimodal*, Géopoint 1997, pp. 101-129

ASCHER F., BRAMS et alii, 1993 : *Les territoires du futur*, datar/éditions de l'aube, 182 p.

ASCHER F., 1998 : *La république contre la ville : essai sur l'avenir de la France urbaine,* Ed. Aube, Coll. Société, 201 p.

ASCHER F., *Les facteurs structurels favorables au développement des transports à la demande*, Le transport à la demande, un nouveau mode de gestion des mobilités urbaine pp. 12-31 in Banos p. 12.

BAKIS H., 1993 : *Les réseaux et leurs enjeux sociaux*, PUF, Que sais-je ? 127 p.

BAILLY J.P., HEURGON E., 2001 : *Nouveaux rythmes urbains : quels transports ?,* Ed. Aube, Coll. Prospective du présent, 221 p.

BANOS A., 2001 : *Le lieu, le moment, le mouvement : pour une exploration spatio-temporelle désagrégée de la demande de transport en commun en milieu urbain,* Thèse de doctorat, Besançon, 355 p.

BAUD P., BOURGEAT S., BRAS C., 1998 : *Dictionnaire de géographie*, Hatier, 432 p.

BAUER G., ROUX J.M., 1976 : *La rurbanisation ou la ville éparpillée*, Seuil, 189 p.

BEAUCHARD J,. 1999 : *La bataille du territoire*, L'Harmattan, 144 p.

BEAUCIRE F, 1996 : *Les transports publics et la ville*, ed. Milan, 63 p.

BEAUCIRE F., LEBRETON J. 2000a : *Transports publics et gouvernance urbaine*, ed. Milan, 127 p.

BEAUCIRE F., MEYER A. 2000b : *L'usage des transports publics dans les villes de provinces*, in Données Urbaines 3 (dir. Mattei F. et Pumain D.), coll. Villes, ed. Economica, Paris, pp.61-67.

BENKO G., 1991 : *Géographie des transports*, Masson géographie, 223 p.

BOUHET B., 1984 : *Le réveil des usagers des transports en commun : le cas de Grenoble,* thèse de science politique IEP Grenoble

BUFFIER D., *La SNCF veut implanter des galeries marchandes dans ses grandes gares*, Le monde, 04.04.03

BUFFIER D., *Les usagers réclament d'abord une amélioration du service*, Le monde, 04.04.03.

BURGEL G., 1993 : *La ville aujourd'hui*, Hachette, 220 p.

BUSSIÈRE Y., BONNAFOUS A., 1993 : *Transport et étalement urbain : les enjeux Lyon*, Programme Rhône-Alpes recherches en sciences humaines : Centre Jacques Cartier, 345 p.

CETUR, 1996 : *Grandes enseignent en périphérie*, 89 p.

CERTU, 1997 : *Commerce de moyenne surface en périphérie : le cas de la RN 6 Est, agglomération lyonnaise*, 69 p.

CERTU, 1996 : *Entre les tours et les barres*, 205 p.

CERTU 1994 : *Grenoble : Une politique pour les déplacements urbains*, CERTU, 56 p.

CERTU, 1998 : *Plan de déplacement urbain*, 263 p.

CERTU, 1994 : *Séminaire entrées de villes : Urbanisation aux abords des infrastructures phénomènes économiques et effets induits en entrées en villes*, 28 p.

CETUR, 1993 : *Evolution démographique, croissance urbaine et mobilité*, 47 p.

CETUR, 1993 : *Parcs relais*, 236 p.

CERTU, 1999 : *Une politique de stationnement pourquoi ? comment ?*, 166 p.

CHADULE (Groupe) 1987 : *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*, Masson, 191 p.

CHALAS Y., COUIC M.C., DUARTE P., TORGUE H., 1997 : *Urbanité et périphérie connaissance et reconnaissance des territoires contemporains, plan construction et architecture*, 194 p.

CHALAS Y., DUBOIS TAINE G., 1998 : *La ville émergente*, ed de l'aube,

CHIROT, F., *Les pôles de compétitivité, vitrines de l'aménagement du territoire*, Le monde, 08.02.05

DAVID J., FRESCHI L., GUERIN J-P., GUMUCHIAN H., 1979 : *Problématique et méthodes d'analyse de la rurbanisation le plateau de Champagnier (Isère)*, 167 p.

DECOUPIGNY C, 2006 : *Modélisation finie des émissions de polluants issues du trafic en milieu urbain*, Thèse de doctorat, Tours

DE FRANCE H., 2001 : *Précis d'économie agricole pour le développement, le primat des logiques paysannes* », Karthala, 321 p.

DESSE R.N., 2001 : *Le nouveau commerce urbain, dynamiques spatiales et stratégies des acteurs,* Presses Universitaires de Rennes, collection espace et territoire, 198 p.

DEZERT B., METTON A., STEINBERG J., 1998 : *La périurbanisation en France*, SEDES, 226 p.

DONZELOT J., 2006 : *Quand la ville se défait. Quelle politique face à la crise des banlieues*, Seuil, La couleur des idées, 185 p.

DUMOLARD P., DUBUS N., CHARLEUX L., 2003 : *Les statistiques en géographie*, Belin, 239 p.

DUMOLARD P., 1983 : *Migrations et mobilité en Bas Dauphiné*, Thèse pour le doctoral d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines, Lyon.

DUMONT G.F., 1993 : *Économie urbaine villes et territoires en compétition*, litec, 303 p.

DUPUY G., 1995 : *Les territoires de l'automobile,* ed. Economica, coll. Villes, 216 p.

DUPUY G., 1985 : *Systèmes, réseaux et territoires : principes de réseautique territoriale*, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 168 p.

DUPUY G., 1991 : *L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes,* Colin, Coll. Géographie, 198 p.

DUPUY G., 1999 : *La dépendance automobile : symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, ed. Economica, coll. Villes, 160 p.

DUPUY G., 2001 : *Automobilité : « Quelles relations à l'espace ? »,* in Les territoires de la mobilité (dir. Bonnet M. et Desjeux D.), Ed. PUF, Coll. Sciences sociales et sociétés, pp. 37-51.

EASTMAN J.R., 1995 : *Idrisi, version 4.0 et 4.1, un SIG en mode image*, traduction C. Collet, pp 2-45.

FRENCH, (in Hajkowicz ; Hajkowicz S. et Prato T., Multiple Objective Analysis of Farming Systems in Goodwter Creek Watershed, Centre for Agricultural, Ressource and Environnemental Systems, Columbia, USA, 1998, pp 21) In Nathalie Molines

FRITSCH B., 1999 : *La contribution des infrastructures au développement des régions françaises* ", Presses de l'école Nationale des Ponts et Chaussées,217 p.

GARGAILLO L., PLANCHE O., 1994 : *Les transports collectifs interurbains : des transports pour demain ?*, Celse,

GART, 1997 : *Quand le tramway sort de la ville*, 113 p.

GIRARD L., *Le vélo urbain en libre-service bouscule les contrats d'afficheurs*, Le monde, 13.02.06.

GUERMOND Y., 1984 : *Analyse de système en géographie*, Presses universitaires de Lyon, 321 p.

GUYON G., 2000 : *Transport collectif urbain de voyageurs : Evolution, techniques et organisation*, CELSE, 148 p.

GUYON G., 1999 : *Possibilités et intérêt des technologies ferroviaires pour les transports locaux de personnes*, 116 p.

HAGGETT P., 1973 : *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Armand Colin, 390 p.

HOPQUIN B.**,** *Une étude de l'IFEN analyse « l'artificialisation du territoire »*, Le Monde, 08.03.2003

JOËRIN F., 1998 : *Décider sur le territoire : proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère*, Département de Génie Rural, Lausanne, 220 p. in Molines.

JOËRIN F., *Méthodes multicritères d'aide à la décision et SIG pour la recherche d'un site, Revue internationale de géomatique*, vol 5, 1995, pp 37-51. in Molines

KAUFMANN V, 1998 : *Les citadins face à l'automobilité : étude comparée des agglomérations de Besançon, Grenoble, Toulouse, Berne, Genève et Lausanne,* Dossier du CERTU n°80, 121 p.

KAUFMANN V, 2000 : *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaine : la question du report modal*, ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, coll. Science, technique, société, 252 p.

LAINE F,. 2000 : *Péri-urbanisation des activités économiques et mouvements d'emploi des établissements,* in Données Urbaines tome 3 (dir. Mattei F. et Pumain D.), coll. Villes, ed. Economica, Paris, pp.251-260.

LANDRIN S., *Lyon met 2000 vélos à la disposition de la population*, Le Monde, 21.04.05.

LAURINI R., 1996 : *Les systèmes d'information pour la gestion des villes,* in Données urbaine tome 1 (dir. Pumain D., Godard F.), coll. Villes, ed. Economica, Paris, pp.45-55.

LE JEANNIC T., *La périurbanisation*, INSEE Première n°535, Reproduit dans Problèmes économiques n°2548.

LEFEVRE C., OFFNER J.M. 1990 : *Les transports urbains en question : usages, décisions territoires,* Editions Celse, 221 p.

MADIOT Y., 1992 : *L'aménagement du territoire* ", Masson, Droit Sciences Economiques, 220 p.

MALCZEWSKI J., 1999 : *GIS and multicriteria decision analysis*, J. Wiley, New York, pp. 392 In Nathalie Molines

MASSOT M.H., 1998 : *Espace de vie – espace de travail,* in Données Urbaines tome 2 (dir. Pumain D. et Mattei M.F.), ed. Economica, coll. Villes, pp.147-156.

MASSOT M.H., 2000, *Les pratiques de la multimodalité dans les grandes agglomérations,* in Données Urbaines tome 3 (dir. Mattei F. et Pumain D.), ed. Economica, coll. Villes, pp.69-80.

MAY N., VELTZ P., LANDRIEU J., SPECTOR T., 1998 : *La ville éclatée*, édition de l'aube, 347 p.

MAYSTRE L.Y., PICTET J. SIMOS J., 1994 : *Méthodes multicritères ELECTRE, description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale*, Presse polytechnique et universitaires romandes, Lausanne, p. 22

MAYSTRE L.Y., BOLLINGER D., 1999 : *Aide à la négociation multicritère*, Presse polytechnique et universitaires romandes, coll. « gérer l'environnement », Lausanne, 192 p.

MERENNE E., 1995 : *Géographie des transports*, Nathan, 192 p..

MERLIN P., 1997 : *Géographie humaine*, PUF, .

MERLIN P., 1988 : *Géographie de l'aménagement*, PUF, 333 p.

MERLIN P., 1984 : *La planification des transports urbains*, Presses Universitaire de France, Paris, 220 p.

MERLIN P., 1991, *Géographie, économie et planification des transports*, Presses Universitaire de France, Paris, 472 p.

MERLIN P., 1992 : *Les transports urbains*, Presses universitaires de France, coll. Que sais-je ?, 128 p.

MOLINES N., 2003 : *Méthodes et outils pour la planification des grandes infrastructures linéaires et leur évaluation environnementale*, Thèse de doctorat, Saint Etienne, 449 p.

MONTGOLFIER J.D., BERTIER P., 1978 : *Approche multicritère des problèmes de décision*, Suresne, Hommes et Techniques, coll. AFCET, 248 p.

ORFEUIL J.P., 2001 : *L'automobile en question*, La documentation francaise, Problèmes politiques et sociaux n°851-852, 120 p.

OFFNER J.M. 1995 : *La socio-économie des transports, histoire critique*, in Acte du séminaire ville et transport Tome II (dir. DUHEM B. et al.), Plan urbain – direction de l'architecture et de l'urbanisme, Paris, pp. 239-246.

PELLEGRINO P., 2000 : *Le sens de l'espace. La dynamique urbaine*, Tome 2, Economica, Anthropos, La bibliothèque des formes, Paris, 265 p.

PARENT J. F., MORSEL H., 1991 : *Les industries de la région grenobloise, itinéraire historique et géographique*, PUG, coll. histoire industrielle, 1991, 253 p.

PARENT J. F. 1982 : *Deux siècles d'urbanisation*, PUG, 102 p.

PARENT J. F., 2002 : *30 ans d'intercommunalité, histoire de la coopération intercommunale dans l'agglomération grenobloise* », ed. La pensée sauvage, 271 p.

PICTET J., 1996 : *Dépasser l'évaluation environnementale, procédure d'étude et insertion dans la décision globale*, Presse polytechnique et universitaires romandes, Lausanne, coll META, Lausanne, 187 p. in Molines

PUMAIN D., GODARD F., 1996 : Données urbaines tome 1, ed. Economica, Anthropos, coll. Villes, 377 p.

PUMAIN D., GODARD F., 1998 : Données urbaines tome 2, ed. Economica, Anthropos, coll. Villes, 441 p.

PUMAIN D., GODARD F., 2000 : Données urbaines tome 3, ed. Economica, Anthropos, coll. Villes, 471 p.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN TH., 1997 : *L'analyse spatiale : localisation dans l'espace"*, ed. Armand Collin, coll. Cursus, 161 p.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN TH., 2001 : *Les interactions spatiales*, ed. Armand Collin, coll. Cursus, 191 p.

PLASSARD F., 1995 : *Les réseaux de transport et de communication*", in Bailly A.S. et al. (dir.), Encyclopédie de la géographie, Paris, Economica, pp. 515-538.

QUINET E., 1992 : *Infrastructure de transport et croissance*, Economica, 115 p.

QUINET E., 1998 : *Principes d'économie des Transports,* Economica, 410 p.

REICHMAN S., 1983 : *Les transports : servitude ou liberté ?* , PUF, 197 p.

ROCHE S., 2000 : *Les enjeux sociaux des Systèmes d'Information Géographique, les cas de la France et du Québec*, Editions de l'Harmattan, coll. Géeographie sociale, 81 p.

RONCAYOLO M., BRUN J., BURGEL G., CHAMBOREDON J.C., 2001 : *La ville aujourd'hui : mutations urbaines décentralisation et crise du citadin,* Ed. Seuil, Coll. Points Histoire, 898 p.

ROY B., 1985 : *Méthodologie multicritères d'aide à la décision*, Economica, Paris, 423 p.

ROY B., Bouyssou D., 1993 : *Aide multicritère à la décision : Méthode et cas*, Economica, Paris, 695 p.

ROUSSEAU D., VAUZEILLES G., 1995 :*L'aménagement urbain*, PUF, Que sais-je ? 127 p.

SAATY L.T., 1984 : *Décider face à la complexité : une approche analytique multicritère d'aide à la décision*, coll Université-entreprise, Entreprise moderne d'édition, Paris, 231 p. In Nathalie Molines

SCHÄRLING A., 1985 : *Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère*, Presses polytechniques universitaires romandes, Lausanne, in Molines

SIMON H.A., 1960 : *The new science of management decision*, Harper & Row, New York, 273 p. In Nathalie Molines

SIMOS J., *Evaluer l'impact sur l'environnement*, Presse polytechnique et universitaires romandes, Lausanne, coll. META, Lausanne, 1990, 261 p.

SNCF, Dossier Avant Projet Gares, mai 2004.

SANDERS L., 1989 : *L'analyse statistique des données en géographie,* Reclus, Paris, 267 p.

STP, 1998 : *Méthodes d'évaluation des projets d'infrastructures de transports collectifs en région Ile de France*, Syndicat des Transports Parisiens, Paris, 74 p. In Nathalie Molines

SYSTRA, 1994 : *Les tramways de Karlsruhe*, 40 p.

THOMSON M.A., *Determining impact significance in EIA : a review of 24 methodologies*, Journal of Environnemental Management, vol n°30, 1990, pp.235-350. In Nathalie Molines

TROIN, J.-F., 1995 : *Rail et aménagement du territoire*, Aix-en-Provence, Edisud, 201 p.

VILMIN T., 1999 : *L'aménagement urbain en France une approche systémique*, CERTU, 250 p.

VINCKE P., 1989 : *L'aide multicritère à la décision, SMA*, Université de Bruxelles, Bruxelles, 179 p.

WIEL M. 2002 : *Ville et automobile*, ed. Descarte et Cie, coll. Les urbanités, Paris, 140 p.

WIEL M., ROLLIER Y. 1993 : *La pérégrination au sein de l'agglomération : constat à propos du site de Brest*", Les annales de la recherche urbaine, n°59-60, pp. 151-161. in Banos

YANNOU B. LIMAYEN F., 2002 : *Les méthodes de comparaison par paires : intérêts fondamental, méthodes, pratiques, avancées scientifiques, logiciels*, In Nathalie Molines

SITOTHEQUE

http://www.recensement.insee.fr

http://www.statistik.baden-wuerttemberg..de/SRDB/

http://www.innovallee.org

http://perso.orange.fr/site-plassard/transport.htm

http://www.trans.com/standard216/dossiers/histoire_transport_grenoble_1.html

http://www.gart.org/lettres/1999/let1199.htm#mulhouse

http://snotag.free.fr/histoire_reseau/histoire_lignes/

http://www.gart.org/lettres/2003/jan.htm

DUMOLARD P., *Analyse Multivariée de données géographiques* », http://iga.ujf-grenoble.fr/bk_multiv.pdf. 114 pp.

ANNEXES

ANNEXE 1. L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

L'ACP est une méthode d'analyse factorielle : elle a donc pour but de résumer et à hiérarchiser l'information contenue dans un tableau qui présente pour chaque individu (vecteur ligne) un certain nombre de variables quantitatives (vecteur colonne). Faire un résumé de l'information consiste à simplifier le nuage de points (la dispersion qui n'est autre que la représentation graphique du tableau dans un espace à autant de dimensions qu'il n'y a de modalités). Pour cela on projette les points du nuage dans un sous espace dont les axes sont les axes factoriels ou facteurs. Ces derniers sont construits de façon à rendre compte le mieux possible de la dispersion du nuage tout en regroupant des informations communes à plusieurs variables en raison des corrélations existant entre elles.
L'information contenue dans chaque axe est hiérarchisée : le premier axe est celui de la plus grande dispersion du nuage ; il représente le plus d'informations. Le deuxième axe, orthogonal au premier par construction, représente le plus d'information résiduelle. Et ainsi de suite, les premiers axes constituent toujours les meilleurs résumés de l'information.
L'ACP repose sur ces principes communs à toutes les analyses factorielles. Mais elle comporte quelques étapes spécifiques qui fondent son originalité. Ainsi l'ACP se caractérise par la standardisation des données, ce qui permet d'exprimer toutes les valeurs d'une variable indépendamment de l'unité originelle. Par le centrage, chaque valeur est exprimée en écart à la moyenne elle-même ramenée à 0. La réduction (division par l'écart-type) revient à exprimer cette différence en écart-type, qui devient la nouvelle unité de mesure. Les logiciels d'analyse de données donnent de nombreux résultats relatifs aux individus et aux variables. En ce qui concerne les individus, on obtient plusieurs types de résultats :
Le poids relatif mesure l'importance du rôle joué par l'individu dans le traitement des données ; dans le cas d'une ACP, cette information n'est pas intéressante dans la mesure où les variables ont été standardisées pour éviter toute prédominance de l'effet de taille. Tous les individus ont le même poids relatif.
Les coordonnées des individus sur chaque axe correspondent à la projection orthogonale des points du nuage sur l'axe ; leur analyse permettra de mettre en évidence des ressemblances et des oppositions entre les groupes d'individus par rapport aux combinaisons de variables définies par chaque axe.
Les contributions permettent de définir l'intensité de la relation entre chaque individu et l'axe. Ainsi, pour le premier axe, Grenoble contribue à hauteur de 25,6 à sa formation. C'est donc un individu très particulier que cet axe prend bien en compte. Cette colonne permet donc de repérer les individus ayant un comportement particulier, cela se fait à l'échelle des axes
La qualité de représentation se mesure par la valeur du cosinus carré de l'angle formé par l'intersection du vecteur individu et de l'axe : plus l'angle est petit, plus le cosinus carré est proche de 1, plus l'individu est bien représenté par l'axe. Il est important de toujours vérifier cette qualité de représentation pour déterminer si on prend en compte ou non un individu dans l'étude d'un axe.
Sur le deuxième axe, Goncelin n'a une qualité de représentation que de 0,0033 autant dire très faible ! Il ne faut donc pas le prendre en compte dans l'étude de l'axe. En revanche, sur le premier axe, la qualité de représentation de Saint Martin d'Hères s'élève à 0,84. Cet individu est donc particulièrement représenté par cet axe ; il a donc toute sa place dans l'analyse.
On obtient aussi des sorties relatives aux variables :
Les coordonnées des variables se définissent de la même manière que celles des individus (projection orthogonale).
Les corrélations variable/facteur expriment la relation linéaire existant entre les vecteurs variables et chaque axe. Cette relation se lit grâce aux coordonnées et traduit la proximité

entre les variables et avec l'axe : les valeurs absolues élevées traduisent une forte ressemblance entre les distributions induites par les variables et l'axe ; les valeurs absolues faibles traduisent une absence de relation entre les variables et l'axe. Ainsi, on observe une forte relation entre la variable « population en 1999 » et le premier axe, alors que la variable « taux de croissance annuel moyen de construction de résidence principale sur la période 1968/1975 » n'est pas du tout corrélée à ce même axe.
Cependant, c'est sur des combinaisons d'axes factoriels que les résultats de l'ACP sont le mieux interprétables et, notamment par des graphiques du plan des axes 1 et 2 s'ils contiennent une bonne part de l'information du tableau initial (ici 46 %).
Les corrélations des variables avec les 2 axes sont représentées par un point de coordonnées r1j et r2j et, comme toutes les corrélations sont, par construction, comprises entre -1 et +1, ces points sont tous situés à l'intérieur d'un cercle de rayon 1.
Les principes de lecture d'une telle figure sont les suivants :
- un point proche de l'origine du repère indique une faible corrélation donc une mauvaise prise en compte de la variable par l'ensemble des deux axes.
- un point proche du cercle de rayon 1 indique son poids dans la définition de l'axe.
- deux points proches du cercle, proches d'un axe et opposés l'un à l'autre traduisent que l'axe a été construit en opposant ces deux variables.
- des points proches du cercle de rayon 1 et voisins les uns des autres indiquent une forte corrélation entre les variables qu'ils représentent.

ANNEXE 2. CLASSIFICATION

La classification[70] vise la partition de l'ensemble des unités statistiques en sous-ensemble exhaustifs et disjoints : toute unité appartient à un sous-ensemble au moins (exhaustivité) et à un au plus (disjonction). La classification vise aussi la plus grande homogénéité dans les classes : cette méthode part d'une ressemblance imparfaite entre unités caractérisées par leurs variables sur p variables.

[70] Groupe CHADULE, Initiation aux pratiques statistiques en géographie, coll. Géographie, Ed. Masson, 1987, pp 185.

ANNEXE 3. LA MATRICE DES CORRELATIONS DE L'ACP

	MM 90/99	MM 82/90	MM 75/82	MM 68/75	MM 62/68	Pop Etr	Tx Pop TJ	Tx Pop J
MM 90/99	**1**	0,600	0,377	-0,160	-0,379	-0,450	0,354	-0,083
MM 82/90	0,600	**1**	0,547	-0,093	-0,374	-0,549	0,432	-0,173
MM 75/82	0,377	0,547	**1**	0,228	-0,317	-0,619	0,483	-0,284
MM 68/75	-0,160	-0,093	0,228	**1**	0,451	-0,070	0,131	-0,346
MM 62/68	-0,379	-0,374	-0,317	0,451	**1**	0,506	-0,193	0,114
Pop Etr	-0,450	-0,549	-0,619	-0,070	0,506	**1**	-0,281	0,506
Tx Pop TJ	0,354	0,432	0,483	0,131	-0,193	-0,281	**1**	-0,116
Tx Pop J	-0,083	-0,173	-0,284	-0,346	0,114	0,506	-0,116	**1**
Tx Pop M	-0,126	0,201	0,326	0,459	0,043	-0,439	-0,082	-0,797
Pendulaire	0,497	0,499	0,553	0,167	-0,263	-0,561	0,411	-0,501
Tx MI	0,550	0,532	0,611	-0,020	-0,574	-0,755	0,415	-0,626
Tx Prop	0,313	0,419	0,392	0,053	-0,271	-0,487	0,384	-0,618
RP 68/49	-0,584	-0,501	-0,502	0,216	0,770	0,672	-0,297	0,352
RP 75/68	-0,254	-0,135	-0,002	0,832	0,612	0,126	-0,001	-0,139
RP 82/75	0,213	0,471	0,794	0,362	-0,087	-0,412	0,507	-0,194
RP 90/82	0,197	0,602	0,464	0,247	-0,011	-0,345	0,447	-0,306
RP 99/90	0,818	0,561	0,337	-0,086	-0,191	-0,278	0,366	0,139
RP réf. men. Art.	0,225	0,407	0,400	-0,015	-0,251	-0,433	0,018	-0,298
RP réf. men. Cadre	0,229	0,371	0,489	0,497	0,110	-0,327	0,292	-0,267
RP réf. men. Prof. Inter.	0,135	0,281	0,455	-0,014	-0,223	-0,335	0,313	0,097
RP réf. men. Emp.	-0,329	-0,188	-0,385	-0,198	0,067	0,347	-0,120	0,390
RP réf. men. Ouv.	-0,112	-0,258	-0,379	-0,396	-0,089	0,352	0,064	0,258
RP réf. men. Retr.	-0,086	-0,242	-0,305	-0,045	0,063	0,033	-0,495	-0,452
RP réf. men. SAP	-0,254	-0,512	-0,380	-0,099	0,197	0,474	-0,340	0,538
Dist KM	0,424	0,315	0,200	-0,416	-0,561	-0,420	0,113	-0,170

	Pendulaire	Tx MI	Tx Prop	RP 68/49	RP 75/68	RP 82/75	RP 90/82	RP 99/90
MM 90/99	0,497	0,550	0,313	-0,584	-0,254	0,213	0,197	0,818
MM 82/90	0,499	0,532	0,419	-0,501	-0,135	0,471	0,602	0,561
MM 75/82	0,553	0,611	0,392	-0,502	-0,002	0,794	0,464	0,337
MM 68/75	0,167	-0,020	0,053	0,216	0,832	0,362	0,247	-0,086
MM 62/68	-0,263	-0,574	-0,271	0,770	0,612	-0,087	-0,011	-0,191
Pop Etr	-0,561	-0,755	-0,487	0,672	0,126	-0,412	-0,345	-0,278
Tx Pop TJ	0,411	0,415	0,384	-0,297	-0,001	0,507	0,447	0,366
Tx Pop J	-0,501	-0,626	-0,618	0,352	-0,139	-0,194	-0,306	0,139
Tx Pop M	0,400	0,426	0,502	-0,147	0,354	0,323	0,356	-0,167
Pendulaire	**1**	0,746	0,660	-0,434	-0,009	0,324	0,345	0,420
Tx MI	0,746	**1**	0,718	-0,804	-0,266	0,363	0,247	0,299
Tx Prop	0,660	0,718	**1**	-0,467	-0,033	0,349	0,332	0,193
RP 68/49	-0,434	-0,804	-0,467	**1**	0,443	-0,222	-0,202	-0,341
RP 75/68	-0,009	-0,266	-0,033	0,443	**1**	0,222	0,132	-0,068
RP 82/75	0,324	0,363	0,349	-0,222	0,222	**1**	0,577	0,308
RP 90/82	0,345	0,247	0,332	-0,202	0,132	0,577	**1**	0,318
RP 99/90	0,420	0,299	0,193	-0,341	-0,068	0,308	0,318	**1**
RP réf. men. Art.	0,178	0,451	0,355	-0,413	-0,068	0,281	0,159	0,106
RP réf. men. Cadre	0,407	0,219	0,069	-0,065	0,379	0,460	0,384	0,290
RP réf. men. Prof. Inter.	0,225	0,203	0,102	-0,188	-0,225	0,373	0,325	0,087
RP réf. men. Emp.	-0,534	-0,570	-0,275	0,328	-0,023	-0,223	-0,122	-0,171
RP réf. men. Ouv.	-0,238	-0,120	0,070	0,039	-0,245	-0,297	-0,253	-0,144
RP réf. men. Retr.	-0,033	0,148	0,194	-0,051	-0,010	-0,301	-0,285	-0,302
RP réf. men. SAP	-0,380	-0,521	-0,650	0,376	-0,051	-0,395	-0,369	-0,026
Dist KM	0,092	0,537	0,362	-0,667	-0,466	0,032	-0,083	0,129

	RP réf. men. Art.	RP réf. men. Cadre	RP réf. men. Prof. Inter.	RP réf. men. Emp.	RP réf. men. Ouv.	RP réf. men. Retr.	RP réf. men. SAP	Dist KM
MM 90/99	0,225	0,229	0,135	-0,329	-0,112	-0,086	-0,254	0,424
MM 82/90	0,407	0,371	0,281	-0,188	-0,258	-0,242	-0,512	0,315
MM 75/82	0,400	0,489	0,455	-0,385	-0,379	-0,305	-0,380	0,200
MM 68/75	-0,015	0,497	-0,014	-0,198	-0,396	-0,045	-0,099	-0,416
MM 62/68	-0,251	0,110	-0,223	0,067	-0,089	0,063	0,197	-0,561
Pop Etr	-0,433	-0,327	-0,335	0,347	0,352	0,033	0,474	-0,420
Tx Pop TJ	0,018	0,292	0,313	-0,120	0,064	-0,495	-0,340	0,113
Tx Pop J	-0,298	-0,267	0,097	0,390	0,258	-0,452	0,538	-0,170
Tx Pop M	0,321	0,382	-0,008	-0,274	-0,424	0,237	-0,452	-0,082
Pendulaire	0,178	0,407	0,225	-0,534	-0,238	-0,033	-0,380	0,092
Tx MI	0,451	0,219	0,203	-0,570	-0,120	0,148	-0,521	0,537
Tx Prop	0,355	0,069	0,102	-0,275	0,070	0,194	-0,650	0,362
RP 68/49	-0,413	-0,065	-0,188	0,328	0,039	-0,051	0,376	-0,667
RP 75/68	-0,068	0,379	-0,225	-0,023	-0,245	-0,010	-0,051	-0,466
RP 82/75	0,281	0,460	0,373	-0,223	-0,297	-0,301	-0,395	0,032
RP 90/82	0,159	0,384	0,325	-0,122	-0,253	-0,285	-0,369	-0,083
RP 99/90	0,106	0,290	0,087	-0,171	-0,144	-0,302	-0,026	0,129
RP réf. men. Art.	**1**	0,226	-0,088	-0,255	-0,278	0,159	-0,419	0,322
RP réf. men. Cadre	0,226	**1**	0,077	-0,374	-0,826	-0,322	-0,208	-0,442
RP réf. men. Prof. Inter.	-0,088	0,077	**1**	-0,094	-0,162	-0,436	-0,221	0,083
RP réf. men. Emp.	-0,255	-0,374	-0,094	**1**	0,262	-0,353	0,087	-0,075
RP réf. men. Ouv.	-0,278	-0,826	-0,162	0,262	**1**	0,129	0,032	0,409
RP réf. men. Retr.	0,159	-0,322	-0,436	-0,353	0,129	**1**	-0,098	0,257
RP réf. men. SAP	-0,419	-0,208	-0,221	0,087	0,032	-0,098	**1**	-0,369
Dist KM	0,322	-0,442	0,083	-0,075	0,409	0,257	-0,369	**1**

ANNEXE 4. AIDE A L'INTERPRETATION DE L'ACP (TABLEAUX DES 4AXES)

Communes	Coord. 1	Qualité de représen tation 1	Contr. 1	Coord. 2	Qualité de représen tation 2	Contr. 2	Coord. 3	Qualité de représen tation 3	Contr. 3	Coord. 4	Qualité de représen ta ion 4	Contr. 4	Somme des QR
Allevard	-2,5258	0,3310	0,7948	-1,4560	0,1100	0,5756	**2,1363**	**0,2367**	1,5290	-0,4305	0,0096	0,1104	0,6873
Barraux	0,6578	0,0594	0,0539	**-1,4200**	**0,2768**	0,5476	**1,3201**	**0,2392**	0,5839	-0,3004	0,0124	0,0538	0,5878
Bernin	**2,9298**	**0,5499**	1,0693	**2,1618**	**0,2994**	1,2690	-0,3640	0,0085	0,0444	-0,4685	0,0141	0,1308	0,8719
Biviers	1,3231	0,0621	0,2181	**3,7885**	**0,5093**	3,8974	**2,4555**	**0,2139**	2,0201	-1,3387	0,0636	1,0677	0,8489
Bresson	3,1289	0,2784	1,2196	**2,6174**	**0,1948**	1,8603	0,1862	0,0010	0,0116	1,0632	0,0321	0,6734	0,5064
Chapareillan	-0,1905	0,0046	0,0045	**-1,2679**	**0,2028**	0,4365	**1,6242**	**0,3328**	0,8838	-0,5415	0,0370	0,1747	0,5772
Claix	1,6999	0,3391	0,3600	**1,6276**	**0,3108**	0,7194	-0,2743	0,0088	0,0252	0,7621	0,0682	0,3461	0,7269
Corenc	0,0696	0,0003	0,0006	0,6023	0,0254	0,0985	1,3460	0,1268	0,6070	-2,7353	**0,5236**	**4,4575**	0,6761
Crolles	3,4957	0,3175	1,5224	0,1873	0,0009	0,0095	**-4,4050**	**0,5041**	6,5012	0,9290	0,0224	0,5141	0,8449
Domène	**-2,8936**	**0,6699**	1,0431	-0,9178	0,0674	0,2287	0,2732	0,0060	0,0250	0,7169	0,0411	0,3062	0,7843
Echirolles	**-5,9382**	**0,6147**	4,3929	**3,8055**	**0,2524**	3,9324	-0,7882	0,0108	0,2082	1,0546	0,0194	0,6626	0,8973
Eybens	-0,8947	0,0535	0,0997	**1,8164**	**0,2206**	0,8959	**-2,2805**	**0,3478**	1,7425	1,1595	0,0899	0,8010	0,7118
Fontaine	**-5,9924**	**0,8757**	4,4734	-0,2095	0,0011	0,0119	0,3045	0,0023	0,0311	0,5893	0,0085	0,2069	0,8875
Fontanil Cornillon	0,2059	0,0039	0,0053	**1,5371**	**0,2189**	0,6416	-1,3733	0,1747	0,6319	0,4893	0,0222	0,1426	0,4197
Froges	-1,2799	0,1178	0,2041	**-2,4776**	**0,4416**	1,6668	0,8435	0,0512	0,2384	-0,3622	0,0094	0,0782	0,6201
Gières	-2,8790	0,1728	1,0326	-0,7707	0,0124	0,1613	**-4,1093**	**0,3521**	5,6577	-3,6620	**0,2796**	**7,9892**	0,8170
Goncelin	-1,1841	0,1249	0,1747	-0,0871	0,0007	0,0021	1,0955	0,1070	0,4021	0,8623	0,0663	0,4430	0,2988
Grenoble	**-7,4547**	**0,7024**	6,9230	-1,0518	0,0140	0,3004	-1,6955	0,0363	0,9631	-2,7180	0,0934	4,4013	0,8461
Hurtières	2,3996	0,1266	0,7173	-1,3800	0,0419	0,5171	**3,0038**	**0,1983**	3,0229	-0,4982	0,0055	0,1479	0,3722
La Buissière	1,0458	0,0866	0,1363	-1,5059	0,1797	0,6158	**1,5988**	**0,2025**	0,8565	-0,2909	0,0067	0,0504	0,4755
La Chapelle du Bard	0,1792	0,0014	0,0040	**-2,3879**	**0,2527**	1,5484	**2,3902**	**0,2531**	1,9141	-0,3244	0,0047	0,0627	0,5119
La Combe de Lancey	**2,6436**	**0,5120**	0,8706	-0,9884	0,0716	0,2653	0,7692	0,0434	0,1982	0,4862	0,0173	0,1408	0,6443
La Ferrière	-0,7416	0,0156	0,0685	-1,0734	0,0326	0,3129	**3,0763**	**0,2681**	3,1706	-0,5649	0,0090	0,1901	0,3254
La Flachère	1,9785	0,2493	0,4877	-1,7370	0,1922	0,8193	-0,6640	0,0281	0,1477	1,0918	0,0759	0,7101	0,5455
La Pierre	**2,4177**	**0,4137**	0,7282	0,2289	0,0037	0,0142	0,2614	0,0048	0,0229	0,3937	0,0110	0,0923	0,4332
La Terrasse	1,9766	0,2418	0,4867	-1,5122	0,1415	0,6210	-1,5825	0,1550	0,8391	-1,1321	0,0793	0,7636	0,6177
La Tronche	**-5,0900**	**0,5563**	3,2276	-0,9396	0,0190	0,2397	-0,7135	0,0109	0,1706	-3,0402	**0,1985**	**5,5067**	0,7846
Laval	1,6320	0,1407	0,3318	**-2,2568**	**0,2691**	1,3830	-0,7642	0,0309	0,1957	-0,9936	0,0522	0,5882	0,4929
Le Champ Près Froges	-0,0843	0,0010	0,0009	-0,3455	0,0168	0,0324	1,1204	0,1767	0,4206	0,2328	0,0076	0,0323	0,2022
Le Cheylas	-0,7484	0,0235	0,0698	-2,1615	0,1958	1,2687	-1,4475	0,0878	0,7020	1,3654	0,0781	1,1107	0,3853
Le Moutaret	0,9553	0,0423	0,1137	-1,6901	0,1324	0,7757	1,5839	0,1163	0,8405	1,5274	0,1081	1,3899	0,3990
Le Pont de Claix	**-6,0353**	**0,7974**	4,5377	0,7321	0,0117	0,1455	-0,2897	0,0018	0,0281	1,7947	0,0705	1,9190	0,8815
Le Sappey en Chartreuse	1,3488	0,1015	0,2267	0,8705	0,0423	0,2057	**-1,9879**	**0,2205**	1,3239	-0,8876	0,0440	0,4693	0,4082
Le Touvet	0,4214	0,0240	0,0221	-0,9447	0,1204	0,2423	**-1,4099**	**0,2682**	0,6660	-0,3016	0,0123	0,0542	0,4249
Le Versoud	1,2787	0,1328	0,2037	-0,7241	0,0426	0,1424	**-2,0033**	**0,3259**	1,3446	0,8238	0,0551	0,4043	0,5563
Les Adrets	0,0292	0,0001	0,0001	-1,0175	0,0928	0,2811	-0,1397	0,0017	0,0065	-0,5196	0,0242	0,1609	0,1189
Lumbin	**3,6592**	**0,6722**	1,6681	-0,5775	0,0167	0,0906	-1,3544	0,0921	0,6146	-1,2630	0,0801	0,9503	0,8612
Meylan	-1,6071	0,0844	0,3218	**4,7984**	**0,7522**	6,2521	-1,2925	0,0546	0,5597	-0,7080	0,0164	0,2986	0,9075
Montbonnot Saint Martin	2,4337	0,2250	0,7378	**2,3158**	**0,2037**	1,4563	-1,1131	0,0471	0,4151	-1,8032	**0,1235**	**1,9371**	0,5992
Morêtel de Mailles	**3,0495**	**0,5234**	1,1585	-0,8557	0,0412	0,1988	-0,1043	0,0006	0,0036	0,0154	0,0000	0,0001	0,5652
Murianette	0,7014	0,0620	0,0613	-0,0326	0,0001	0,0003	**1,7047**	**0,3660**	0,9736	0,0854	0,0009	0,0043	0,4290
Noyarey	0,6627	0,0816	0,0547	-0,1388	0,0036	0,0052	0,6043	0,0679	0,1223	1,6567	**0,5101**	**1,6352**	0,6631
Pinsot	0,2150	0,0012	0,0058	-1,0592	0,0288	0,3046	**4,9157**	**0,6203**	8,0960	0,2611	0,0017	0,0406	0,6520
Poisat	-0,6522	0,0185	0,0530	**3,8744**	**0,6542**	4,0761	0,9937	0,0430	0,3308	-0,1517	0,0010	0,0137	0,7167
Pontcharra	**-2,6891**	**0,4050**	0,9009	-0,9112	0,0465	0,2255	-0,3955	0,0088	0,0524	1,4455	0,1170	1,2449	0,5773
Revel	**4,1135**	**0,7025**	2,1079	0,2760	0,0032	0,0207	-1,1822	0,0580	0,4682	0,2538	0,0027	0,0384	0,7663
Saint Bernard	**3,7020**	**0,4692**	1,7073	0,5493	0,0103	0,0819	-1,3422	0,0617	0,6035	2,2803	**0,1780**	**3,0977**	0,7192
Saint Egrève	**-2,7647**	**0,4800**	0,9522	1,6759	0,1764	0,7627	0,1282	0,0010	0,0055	1,1388	0,0815	0,7727	0,7389
Saint Hilaire	-2,8186	0,1387	0,9897	-1,1059	0,0213	0,3321	-2,2377	0,0874	1,6776	4,1450	**0,2999**	**10,2360**	0,5473
Saint Ismier	2,6278	0,2400	0,8602	**3,9089**	**0,5312**	4,1490	1,3440	0,0628	0,6052	-1,4253	0,0706	1,2102	0,9046
Saint Jean le Vieux	2,3386	0,2563	0,6813	-0,8863	0,0368	0,2133	-1,6750	0,1315	0,9400	-0,5177	0,0126	0,1597	0,4371
Saint Martin d'Hères	**-8,4287**	**0,8233**	8,8504	0,0381	0,0000	0,0004	-2,5332	0,0744	2,1500	-1,8173	0,0383	1,9676	0,9360
Saint Martin d'Uriage	**2,4107**	**0,5534**	0,7240	0,4392	0,0184	0,0524	-1,1633	0,1289	0,4534	-0,9667	0,0890	0,5567	0,7896
Saint Martin le Vinoux	**-4,0128**	**0,6901**	2,0060	-0,4141	0,0073	0,0466	0,6218	0,0166	0,1295	0,9172	0,0361	0,5012	0,7501
Saint Maximin	0,5737	0,0203	0,0410	-1,1424	0,0804	0,3544	1,7433	0,1872	1,0183	-0,1959	0,0024	0,0229	0,2903
Saint Mury Monteymond	0,6368	0,0191	0,0505	**-2,6235**	**0,3248**	1,8690	-0,9055	0,0387	0,2747	-0,1465	0,0010	0,0128	0,3836

Communes	Coord. 1	Qualité de représen ta tion 1	Contr. 1	Coord. 2	Qualité de représen ta tion 2	Contr. 2	Coord. 3	Qualité de représen ta tion 3	Contr. 3	Coord. 4	Qualité de représen ta tion 4	Contr. 4	Somme des QR
Saint Nazaire les Eymes	2,4206	0,2888	0,7299	**3,1134**	**0,4778**	2,6321	1,2148	0,0727	0,4944	-1,2187	0,0732	0,8849	0,9125
Saint Pancrasse	**2,4813**	**0,3569**	0,7670	-0,1008	0,0006	0,0028	-1,1455	0,0761	0,4396	1,7835	**0,1844**	**1,8950**	0,6180
Saint Pierre d'Allevard	-2,6548	0,3175	0,8780	-1,4512	0,0949	0,5719	**2,4314**	**0,2663**	1,9806	0,8323	0,0312	0,4127	0,7099
Saint Vincent de Mercuze	**2,8266**	**0,7729**	0,9953	-0,1744	0,0029	0,0083	0,1592	0,0025	0,0085	-0,1403	0,0019	0,0117	0,7802
Sainte Agnès	**2,1191**	**0,3803**	0,5594	-0,9830	0,0818	0,2624	1,4097	0,1683	0,6658	0,0563	0,0003	0,0019	0,6307
Sainte Marie d'Alloix	2,1618	0,2940	0,5822	**-1,8967**	**0,2263**	0,9769	-1,1468	0,0827	0,4406	0,2067	0,0027	0,0254	0,6058
Sainte Marie du Mont	4,2679	0,2369	2,2692	**-3,9225**	**0,2001**	4,1780	-4,2967	0,2401	6,1853	-0,8920	0,0103	0,4741	0,6874
Sassenage	-1,6725	0,2333	0,3485	**2,1835**	**0,3977**	1,2946	**-0,3664**	**0,0112**	0,0450	1,5690	**0,2053**	**1,4666**	0,8475
Seyssinet Pariset	**-4,5049**	**0,5933**	2,5282	1,5342	0,0688	0,6392	-0,4047	0,0048	0,0549	1,4461	0,0611	1,2459	0,7280
Seyssins	0,8663	0,0240	0,0935	**4,7874**	**0,7337**	6,2235	-0,0129	0,0000	0,0001	1,3796	0,0609	1,1340	0,8186
Tencin	-1,2555	0,1157	0,1964	**-1,6959**	**0,2112**	0,7810	**2,0925**	**0,3215**	1,4670	-0,6390	0,0300	0,2433	0,6785
Theys	0,2051	0,0058	0,0052	**-1,6049**	**0,3561**	0,6994	0,9902	0,1356	0,3285	-0,0392	0,0002	0,0009	0,4977
Venon	1,5559	0,0677	0,3016	**4,0822**	**0,4662**	4,5251	1,6166	0,0731	0,8756	-1,8562	0,0964	2,0527	0,7034
Veurey Voroize	1,5185	0,2629	0,2872	0,2737	0,0085	0,0203	0,3948	0,0178	0,0522	-0,2448	0,0068	0,0357	0,2961
Villard Bonnot	**-2,3715**	**0,4346**	0,7006	**-1,9259**	**0,2866**	1,0072	1,2104	0,1132	0,4909	0,3211	0,0080	0,0614	0,8425

ANNEXE 5. ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

« Une AFC sert à résumer l'information contenue dans un grand tableau de données non directement interprétable, au moyen d'autres tableaux, plus simples à lire. Elle décompose cette information initiale en facteurs hiérarchisés contenant chacun une part de cette information. L'interprétation de chaque facteur s'effectue grâce à un ensemble de valeurs associées aux variables et aux individus et qui constituent les résultats de l'analyse. »[71]
L'AFC[72] est donc une analyse factorielle ayant comme buts de :
- résumer l'information contenue dans de grands tableaux numériques,
- induire des résumés descriptifs hiérarchisés (axes factoriels), à partir d'une représentation sous forme de nuage de points multidimensionnel,
- donner une signification des résumés descriptifs grâce à des aides à l'interprétation.

Les aides à l'interprétation d'une AFC sont résumés à travers toute une série d'indicateur (coordonnées des projections, qualités de représentation, contributions relatives) :
- Le graphique des axes et des plans factoriels font cohabiter (sans changement d'échelle) points-ligne et points-colonne.
- En outre, en conséquence de la métrique du Khi², cette cohabitation a un sens : la proximité d'un point-ligne i et d'un point-colonne j signifie sur-représentation de la modalité j du caractère J dans la modalité i du caractère I et leur éloignement signifie sous-représentation de l'une par rapport à l'autre.
- L'éloignement d'un point par rapport à l'origine, sur un axe ou un plan factoriel, signifie écart à l'indépendance.

Sont représentés sur le scalogramme de chaque axe factoriels les coordonnées des lignes et des colonnes, en vis à vis, puisque la proximité de points ligne et colonne signifie sur-représentation et l'éloignement sous-représentation : c'est là l'information essentielle de l'AFC.
L'interprétation des axes factoriels doit tenir compte des scalogrammes (coordonnées sur chaque axe des modalités ligne et colonne) mais aussi des contributions (relatives car elles somment à 1 pour chaque axe) et surtout des qualités de représentation (distance d'un point à sa projection sur l'axe).
L'information essentielle est fournie par les coordonnées (« coord ») et, principalement par les plus fortes en valeur absolue. Le signe (+ ou -) affecté aléatoirement aux coordonnées ne signifie rien ; ce qui est signifiant, c'est l'opposition de modalités à fortes coordonnées positives et négatives car ce sont elles qui ont crée la direction de l'axe.
La lecture des contributions (« Contr ») indique si une modalité n'a pas pesé de façon exagérée sur la définition d'un axe, auquel cas il convient de la retirer quitte à la projeter en ligne ou colonne supplémentaire. Elles indiquent, a contrario, les modalités ayant très faiblement participé à la variance de l'axe. Les qualités de représentation (« QR ») qui, logiquement, diminuent d'axe en axe, sont surtout utiles pour les coordonnées proches de l'origine : si ces modalités sont bien représentées, elles ont réellement une valeur moyenne, sinon un axe supplémentaire les représentera mieux. La somme des QR renseigne surtout sur les modalités mal prises en compte par l'ensemble des axes retenus.

---

[71] Groupe Chadule, " Initiation aux pratiques statistiques en géographie ", 2nd édition, Masson, Coll. Géographie, 1986, 185 p.(p136)
[72] Dumolard P., « Analyse Multivariée de données géographiques », http://iga.ujf-grenoble.fr/bk_multiv.pdf. 114 pp.

ANNEXE 6. GRAPHIQUAGE D'UNE LIGNE DE TRAM-TRAIN

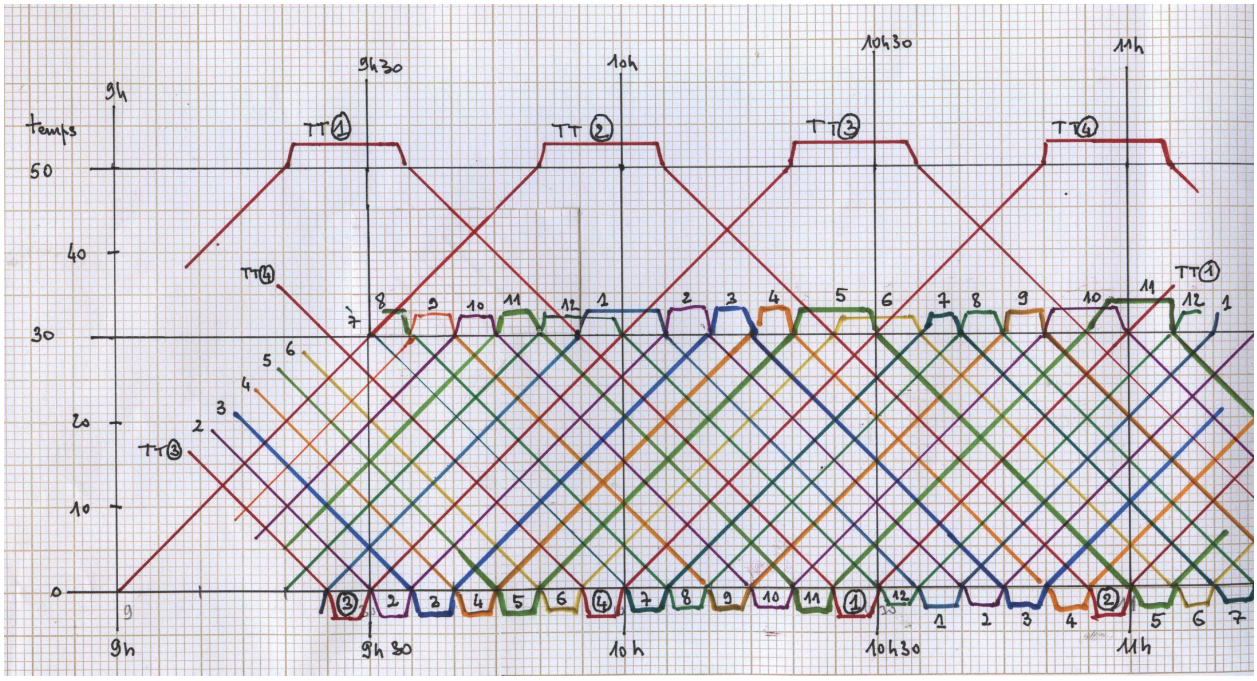
Ce graphique de marche des rames d'une ligne de tram-train sur des voies de RFF, n'est présenté ici qu'à titre d'exemple. Il montre les contraintes d'une exploitation intégrée mélangeant un tram-train et un TER.

L'entrelacement des circulations et le respect de la cadence pour les usagers imposent :

- tous les battements au terminus centre sont identiques à 5 minutes.
- le battement du tram train au terminus est de 15 minutes.
- au terminus urbain lointain, les battements sont de 5 ou 10 minutes selon le passage ou le retour des trams trains.
- l'heure de départ du terminus lointain tram train est imposée par le graphique (ou l'une des heures mais pour la journée)

Dès lors, il en résulte une augmentation du temps de révolution et une nécessaire 12° rame.

On constate sur le graphique qu'avec des battements en bout de 5 minutes (largement suffisants en exploitation), le tram train pourrait, à coût égal, être prolongé par un parcours supplémentaire de 5 minutes, soit 3 ou 4 km en milieu rural.



ANNEXE 7. AFFECTATION AUX TRONÇONS

Le réseau viaire : a partir des données domicile-travail des 72 communes de notre terrain d'étude nous avons affecté les effectifs des migrants pendulaires empruntant ces différents tronçons. Cette opération a permis de déterminer le trafic sur les tronçons routiers entre chaque intersection.

Chaque axe a été découpé en autant de tronçons qu'il y a d'intersections avec un autre axe. L'ensemble de réseau viaire n'a pas été pris en compte, nous nous sommes focalisé sur le réseau principal, à savoir :

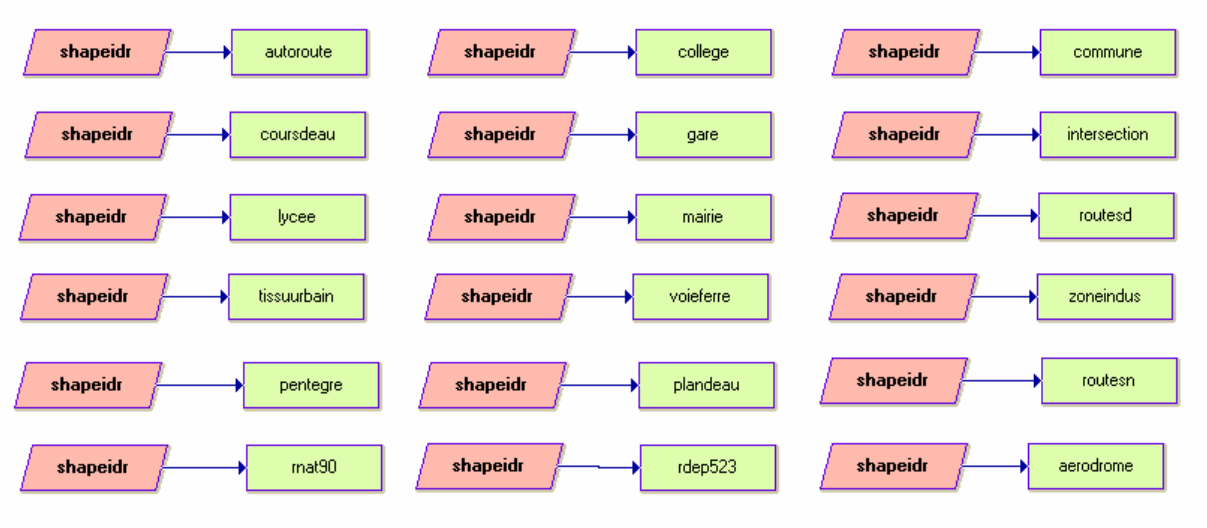
- les routes départementales
- les routes nationales
- les autoroutes.

Nos hypothèses pour affecter les effectifs sur les tronçons sont les suivantes :

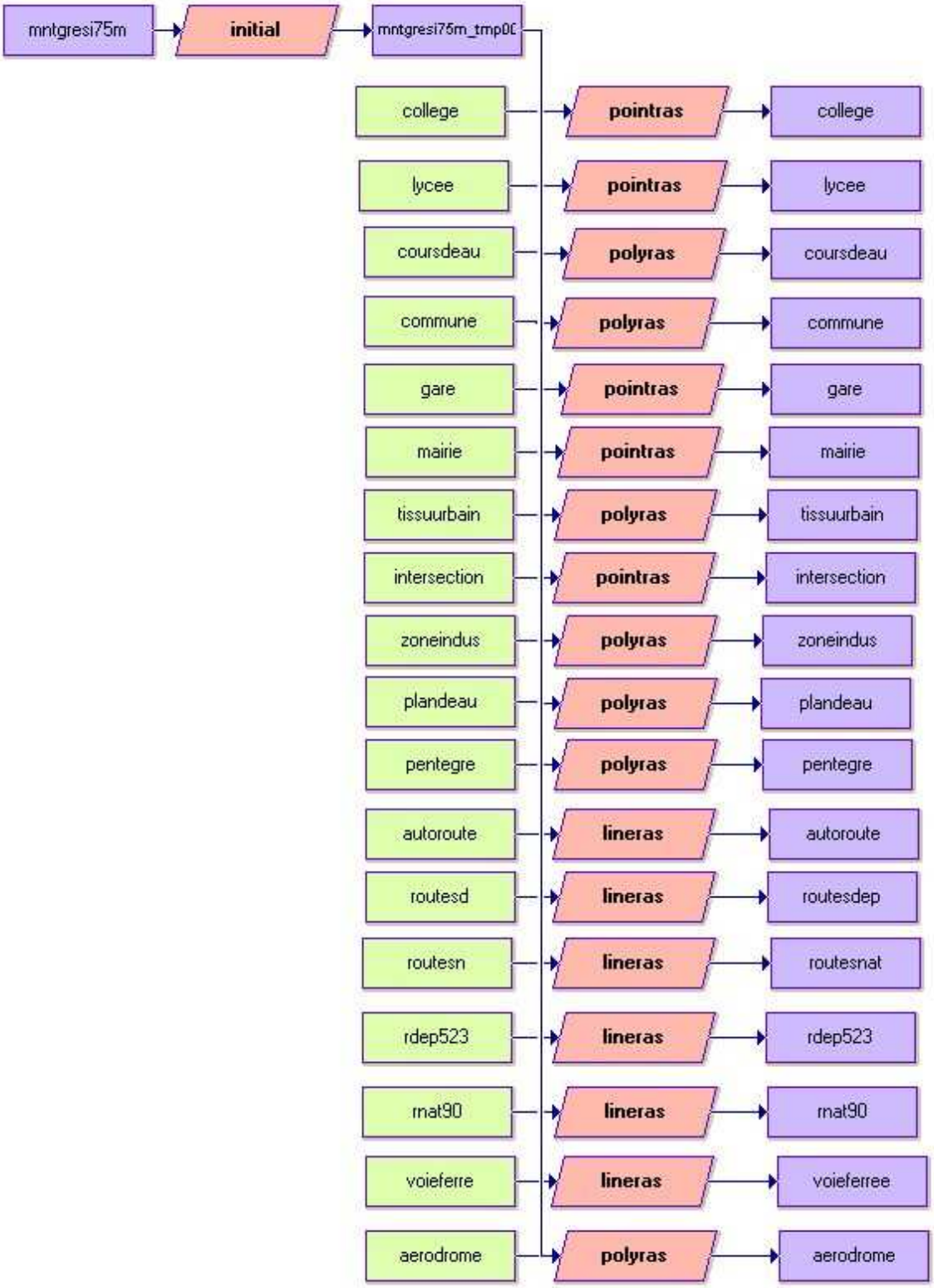
- 1. Les migrants pendulaires empruntent les tronçons leur permettant de rejoindre le plus rapidement possible leur destination (autoroutes, voies rapides, ils utilisent les axes les plus rapides sans considération des coûts de péage, des embouteillages… maximisation des temps de parcours).
- 2. Les migrants pendulaires empruntent les tronçons à leurs dispositions si l'utilisation des axes rapides nécessite trop de détours (perte de temps).

Par conséquent, la circulation des migrants s'effectue le plus souvent sur les autoroutes et les voies rapides si l'emplacement des échangeurs ne nécessite pas de détours par rapport au lieu de travail et/ou de domicile. Dans le cas contraire les pendulaires utilisent les autres voies de circulation.

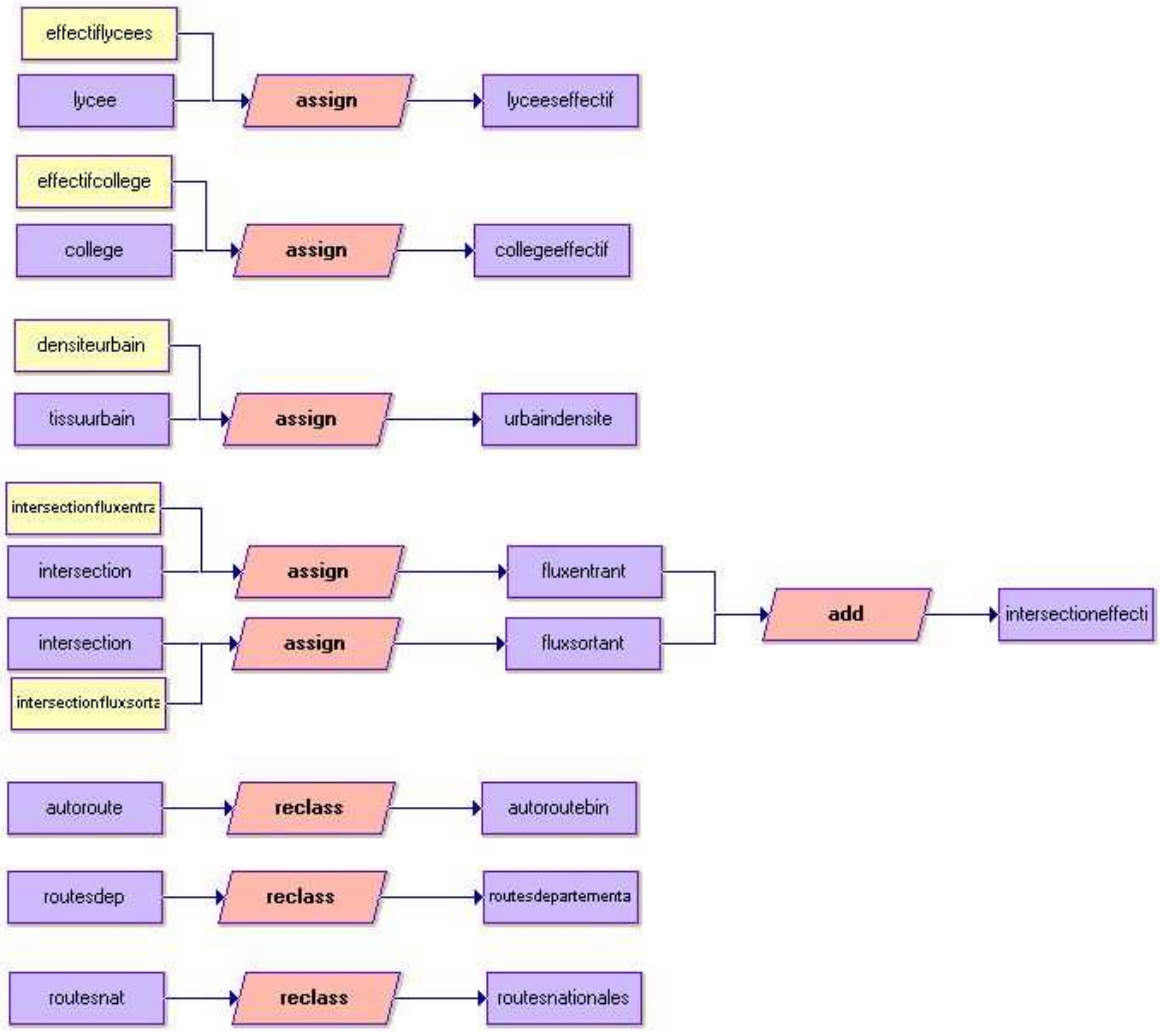
ANNEXE 8. IMPORTATION DES DONNEES



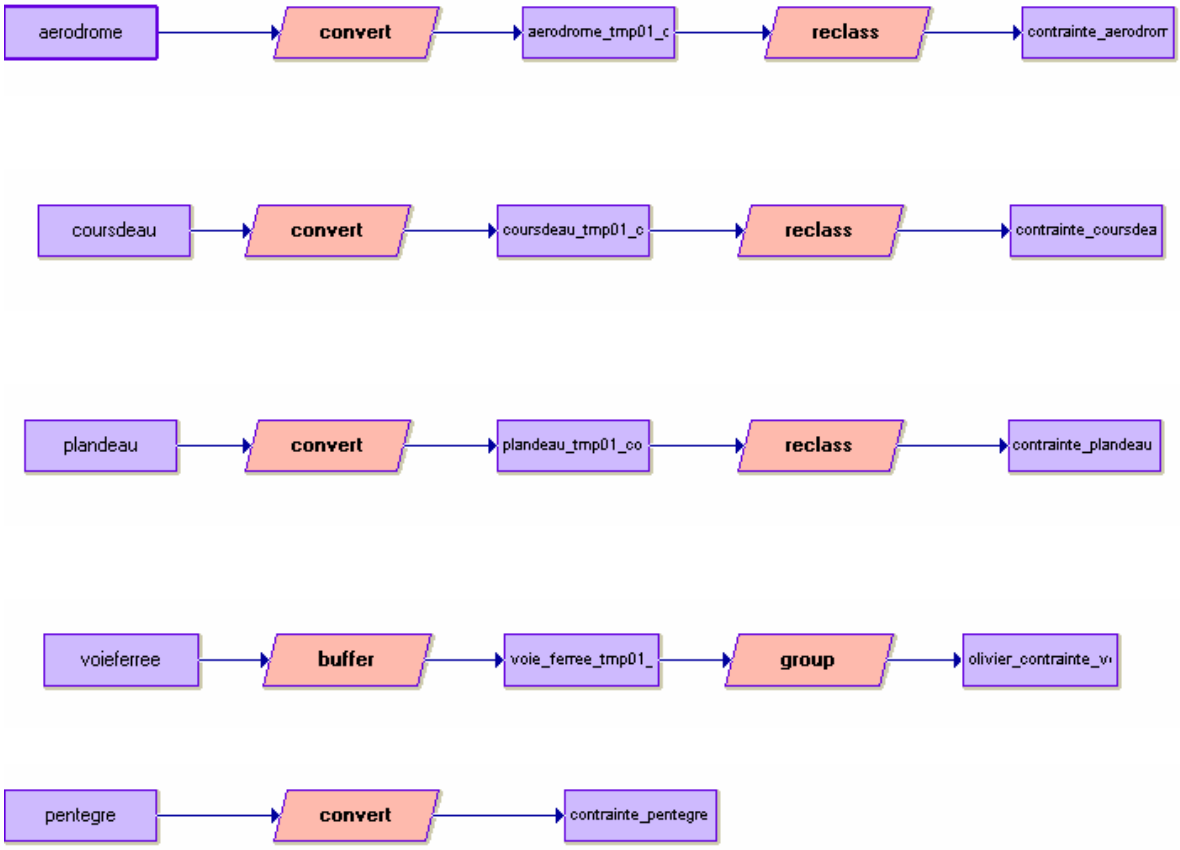
ANNEXE 9. MISE EN FORME DES DONNEES



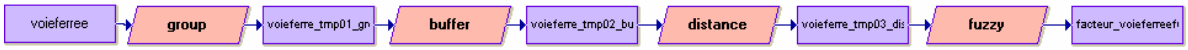
ANNEXE 10. ASSIGNATION DES VALEURS

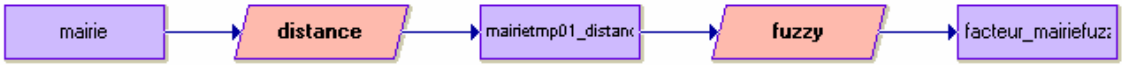


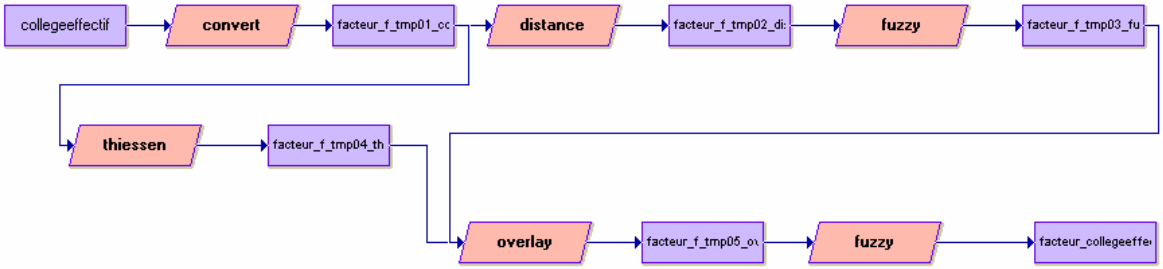
ANNEXE 11. CONTRAINTES

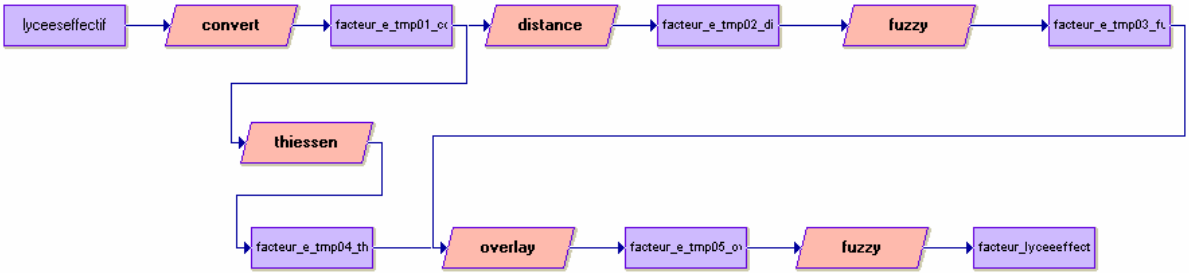


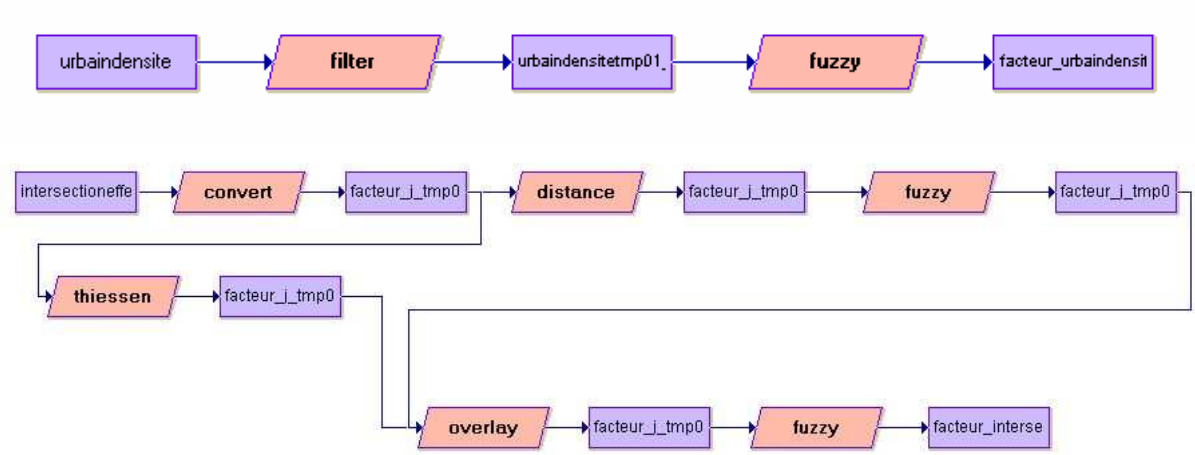
ANNEXE 12. FACTEURS

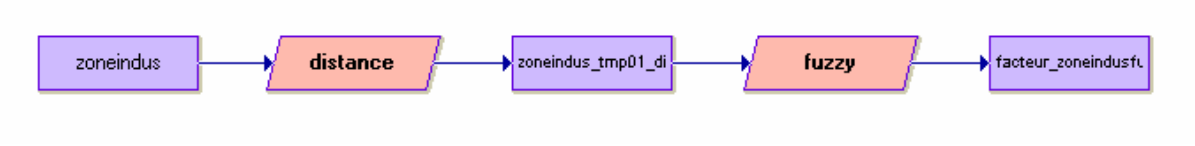




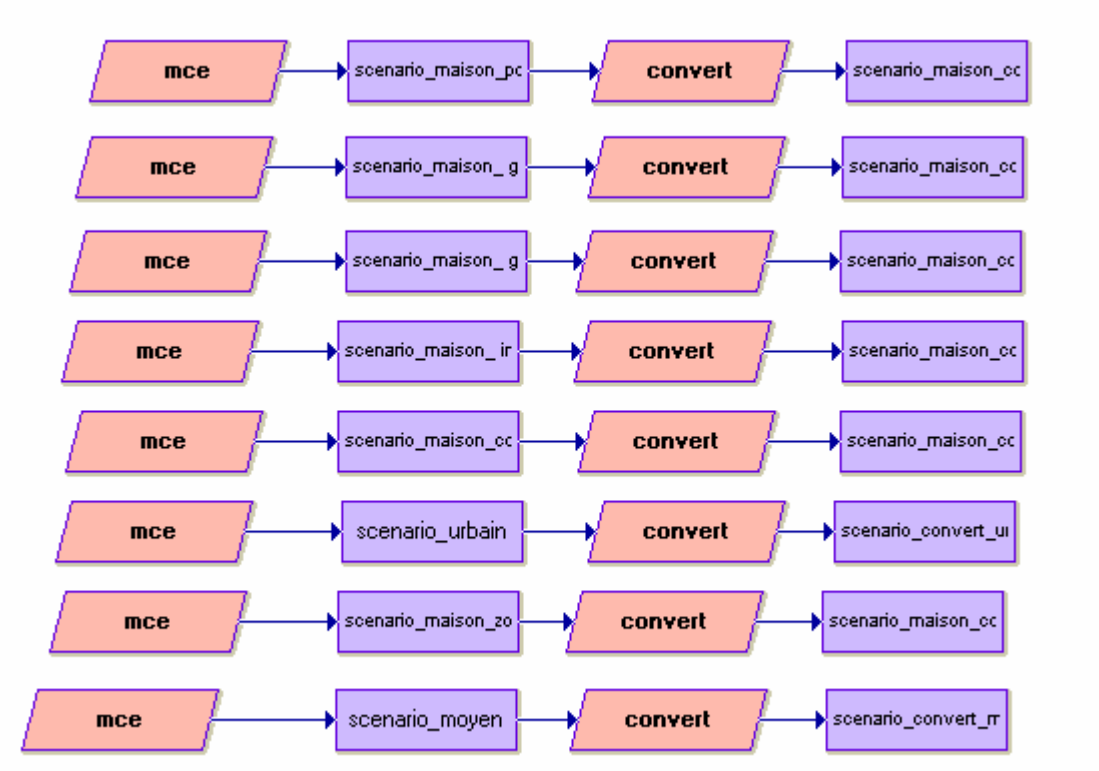




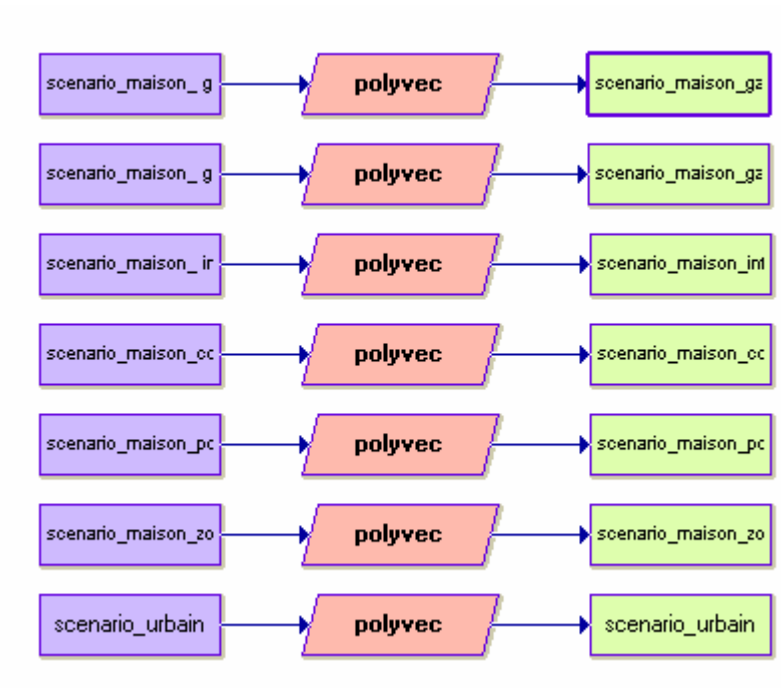

urbaindensite
filter
urbaindensitetmp01_
fuzzy
facteur_urbaindensit
intersectioneffe
convert
facteur_j_tmp0
distance
facteur_j_tmp0
fuzzy
facteur_j_tmp0
thiessen
facteur_j_tmp0
overlay
facteur_j_tmp0
fuzzy
facteur_interse


zoneindus
distance
zoneindus_tmp01_di
fuzzy
facteur_zoneindusfu

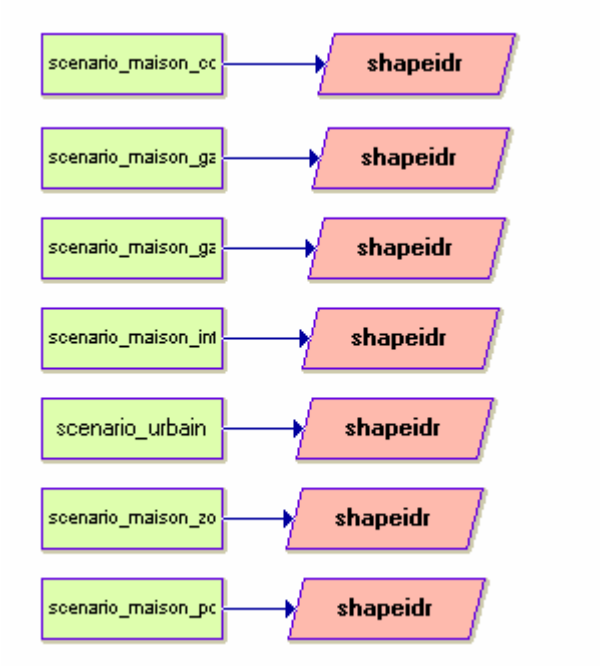
ANNEXE 13. EXPORTATION DES DONNEES



Exportation des scénarios d'Idrisi vers Geoconcept (première étape)



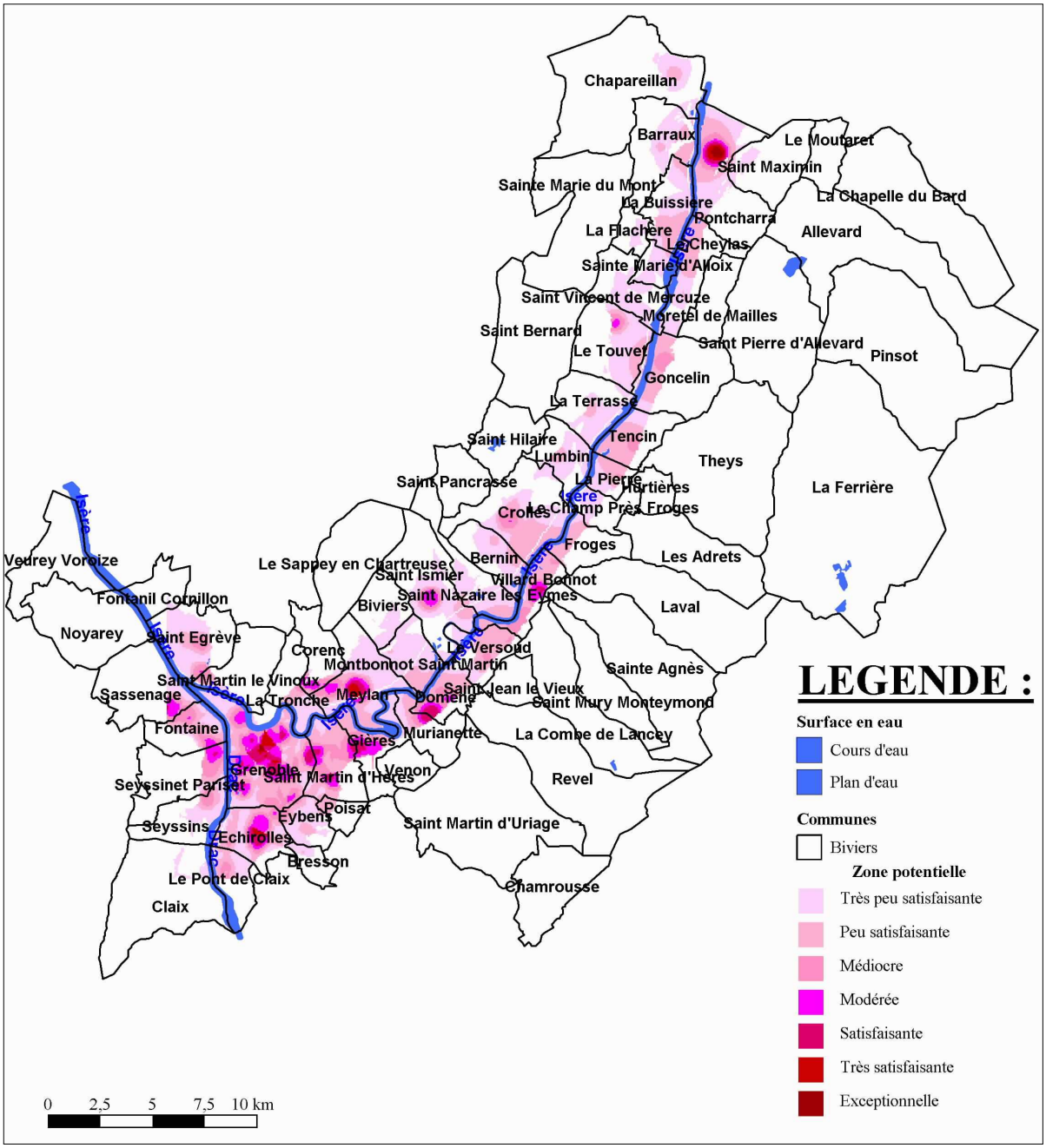
Exportation des scénarios d'Idrisi vers Geoconcept (deuxième étape)



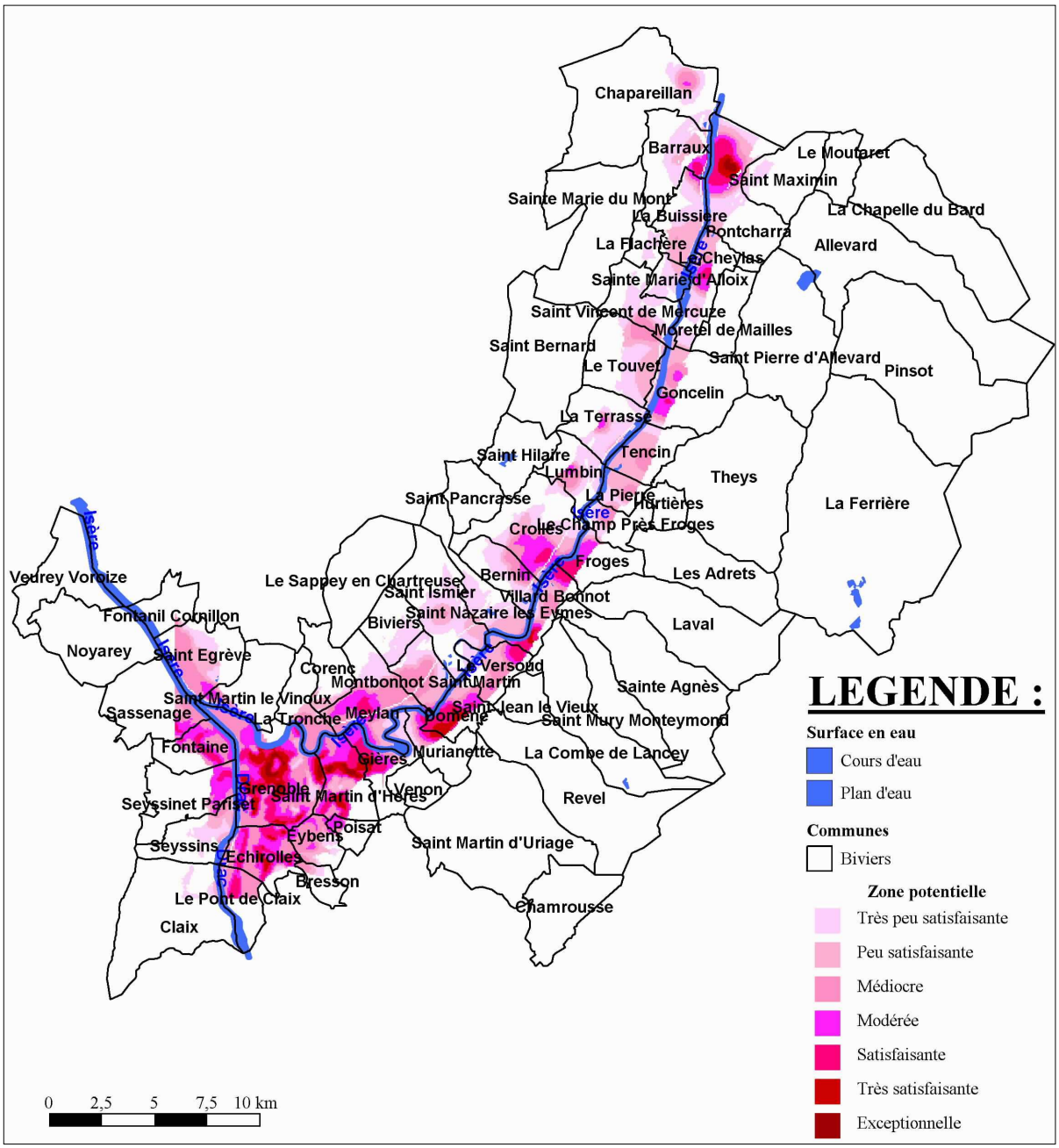
Exportation des scénarios d'Idrisi vers Geoconcept (troisième étape)

ANNEXE 14. RESULTATS GLOBAUX DES 7 SIMULATIONS AMC

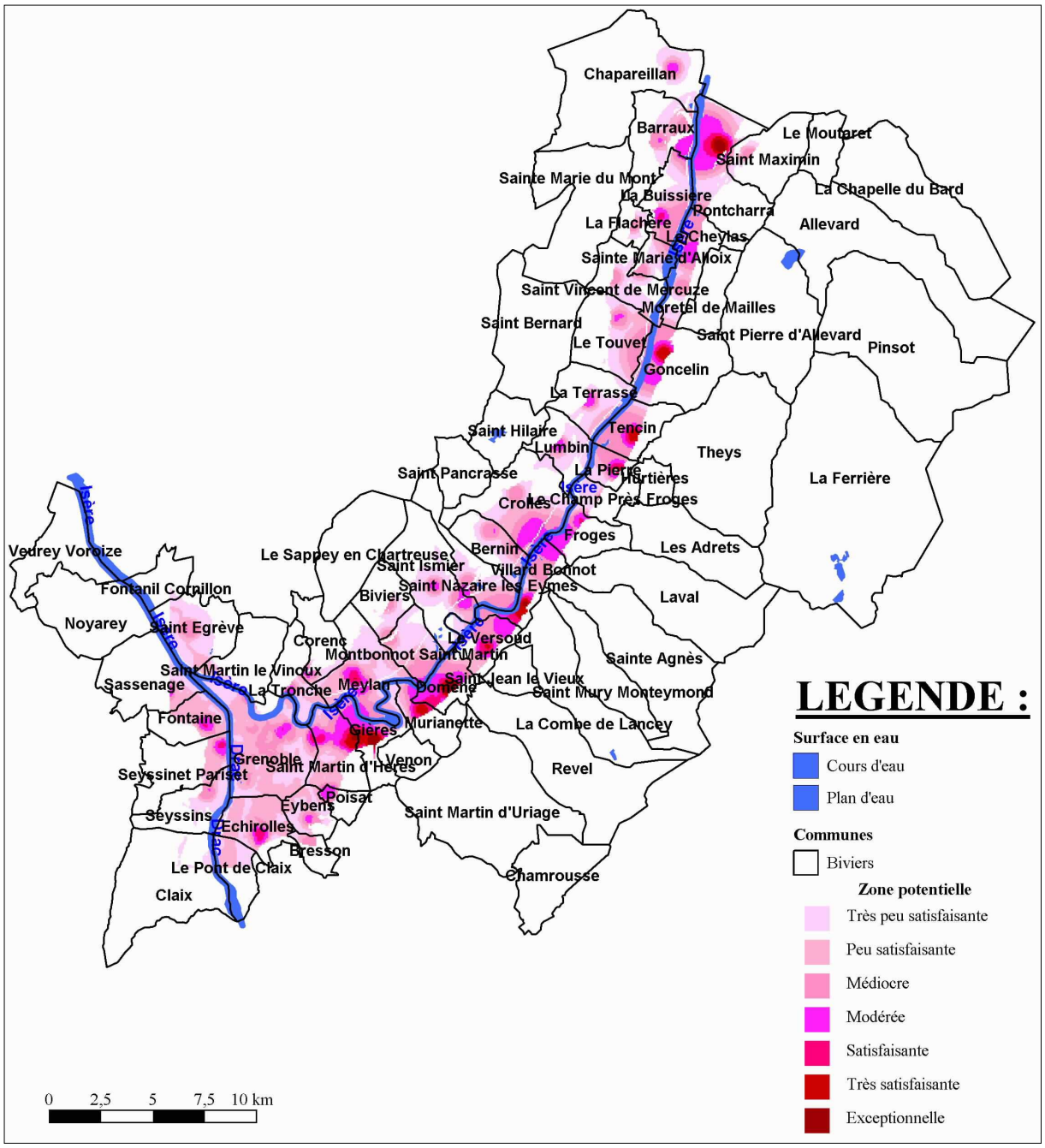
Les figures représentent les résultats des simulations sur **toute la zone** et **pour les 7 classes**.



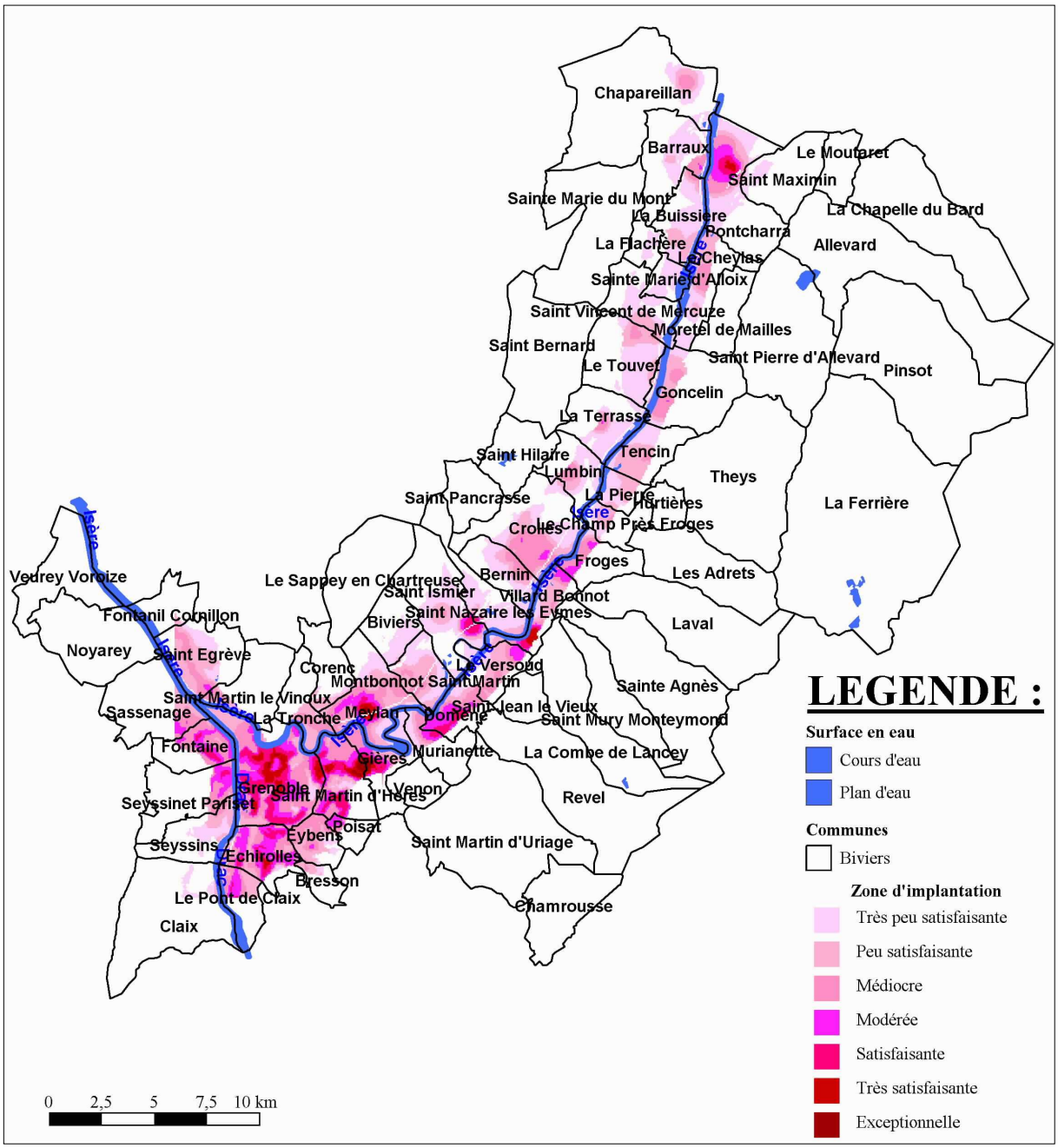
Simulation 1



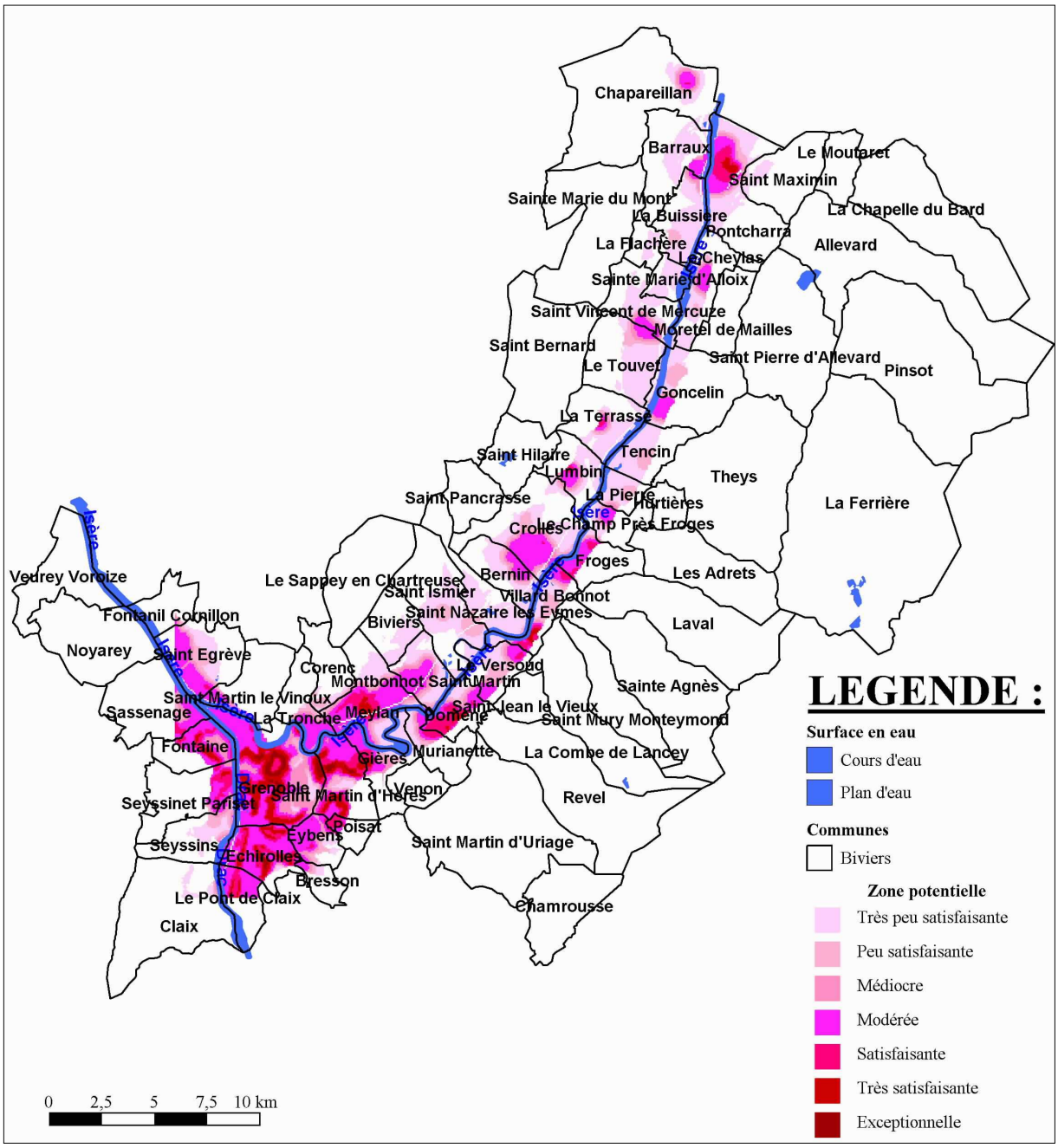
Simulation 2



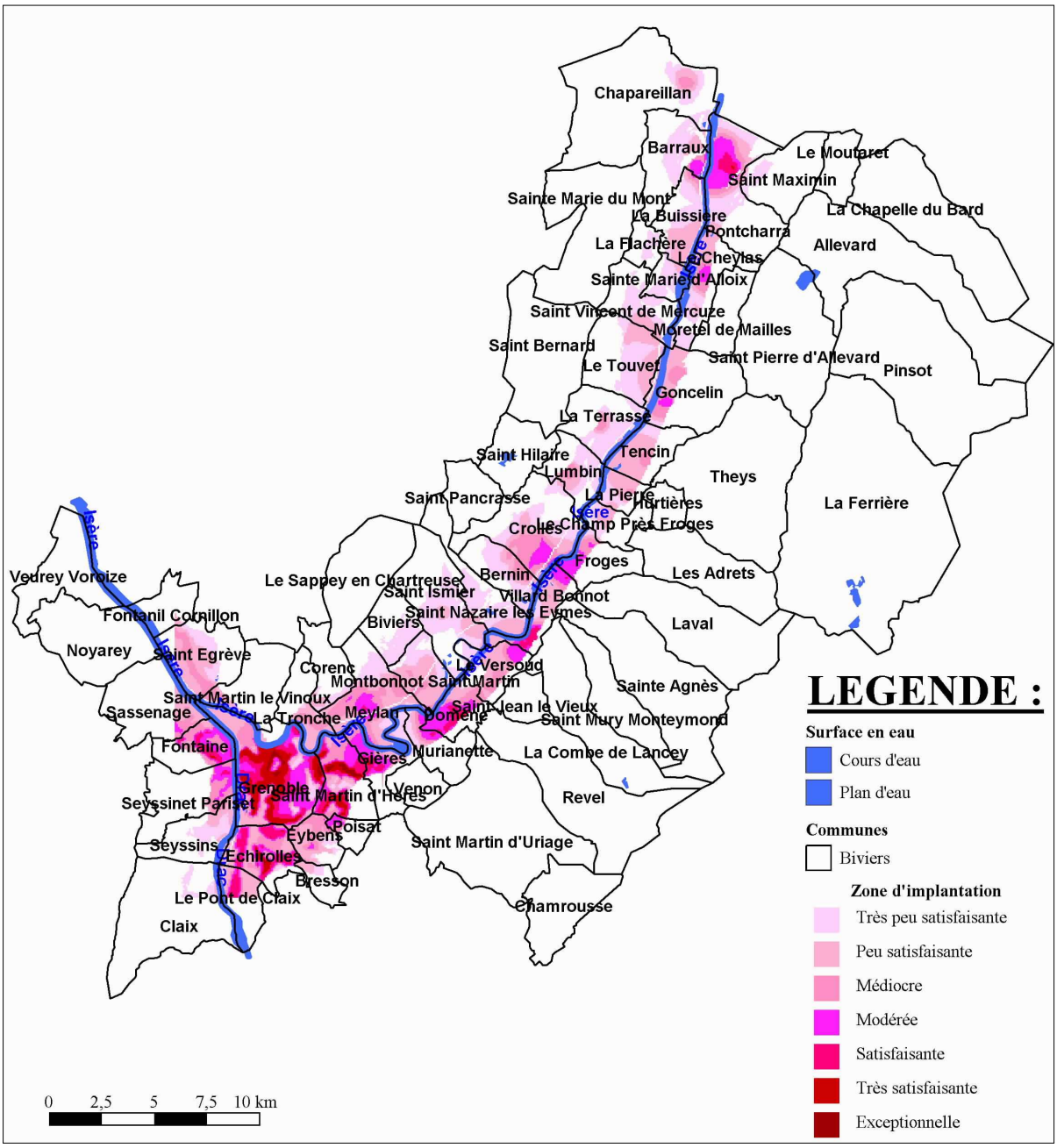
Simulation 3



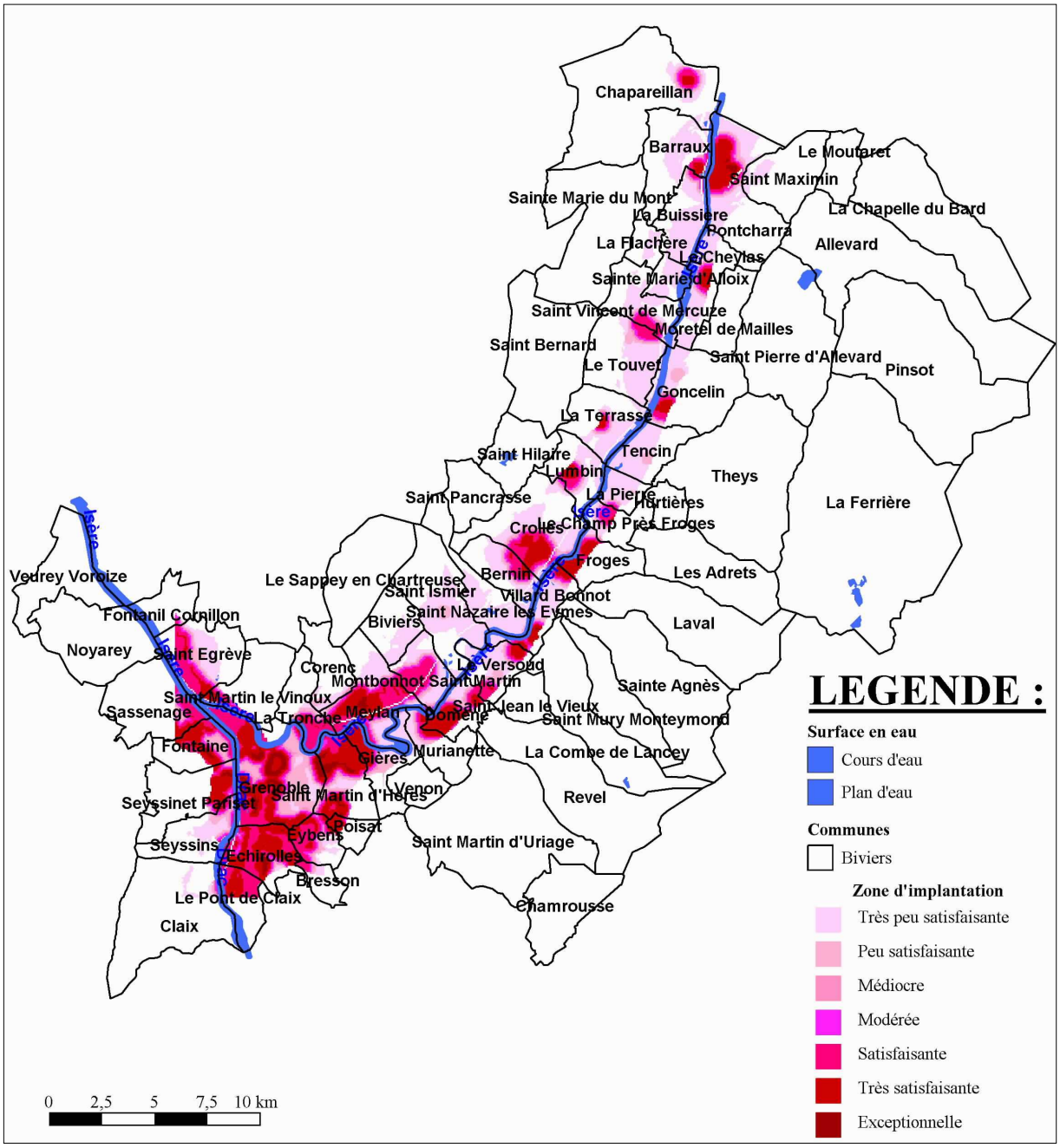
Simulation 4



Simulation 5



Simulation 6



Simulation 7

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1-1. L'« Y » GRENOBLOIS (SOURCE : GOOGLE EARTH, 2006) 21
FIGURE 1-2. LES 5 SECTEURS DE LA RUG (SOURCE : AURG) 22
FIGURE 1-3. REPARTITION DES HABITANTS DES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN DE LA RUG 24
FIGURE 1-4. LES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN DE LA RUG 25
FIGURE 1-5. CORRELATION DES VARIABLES AVEC LES DEUX PREMIERS AXES FACTORIELS 33
FIGURE 1-6. CORRELATION DES VARIABLES AVEC LES AXES FACTORIELS 3 ET 4 34
FIGURE 1-7. COMMUNES DU PREMIER FACTEUR 35
FIGURE 1-8. COMMUNES DU SECOND FACTEUR 42
FIGURE 1-9. COMMUNES DU TROISIEME FACTEUR 45
FIGURE 1-10. COMMUNES DU QUATRIEME FACTEUR 47
FIGURE 1-11. DIFFUSION DE L'URBANISATION DANS LES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN 49
FIGURE 1-12. URBANISATION EN 1970 (AURG) 54
FIGURE 1-13. URBANISATION EN 1995 (AURG) 54
FIGURE 2-1. EMPLOIS DANS LES COMMUNES DES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN 58
FIGURE 2-2. REPRESENTATION DES DEUX PREMIERS AXES FACTORIELS 61
FIGURE 2-3. REPRESENTATION DES AXES FACTORIELS 1 ET 3 61
FIGURE 2-4. SUR REPRESENTATION DES SECTEURS D'ACTIVITES PAR EMPLOI 62
FIGURE 2-5. SUR-REPRESENTATION DES SECTEURS D'ACTIVITE PAR EMPLOI DU PREMIER GROUPE 63
FIGURE 2-6. SUR-REPRESENTATION DES SECTEURS D'ACTIVITE PAR EMPLOI DU SECOND GROUPE 65
FIGURE 2-7. SUR-REPRESENTATION DES SECTEURS D'ACTIVITE PAR EMPLOI DU TROISIEME GROUPE 65
FIGURE 2-8. POLES D'ACTIVITES 68
FIGURE 2-9. COMMUNES D'HABITATION 70
FIGURE 3-1. ETALEMENT URBAIN, CIRCULATION AUTOMOBILE ET INFRASTRUCTURES ROUTIERES. 77
FIGURE 3-2. ETALEMENT URBAIN, CIRCULATION AUTOMOBILE ET INFRASTRUCTURES ROUTIERES. 79
FIGURE 4-1. TRAM-TRAIN ET TRAIN EN GARE DE KARLSRUHE SUR LE RESEAU FERROVIAIRE PRINCIPAL (SOURCE TTK) 107
FIGURE 4-2. DEMULTIPLICATION DES DESTINATIONS (SOURCE : TTK) 108
FIGURE 4-3. SCHEMA DE CIRCULATION DU TRAM-TRAIN SUR LES VOIES RFF 111
FIGURE 4-4. AUTORITES ORGANISATRICES ET EXPLOITANTS SELON LEUR PERIMETRE DE COMPETENCE 113
FIGURE 4-5. UNE NOUVELLE AUTORITE ORGANISATRICE POUR LE TRAM-TRAIN 114
FIGURE 4-6. EXTRAIT DU RESEAU FERRE AU XIXEME SIECLE (SOURCE : SCHEMA DIRECTEUR RUG) 120
FIGURE 4-7. LA LIGNE DU TGC (ALLEMAND, 1985) 123
FIGURE 5-1. LE LAND DE BADEN-WÜRTTEMBERG 127
FIGURE 5-2. LE RESEAU TRAM-TRAIN DE 1960 A NOS JOURS (SOURCE TTK) 131
FIGURE 5-3. SCHEMA D'UNE VOIE D'EVITEMENT 136
FIGURE 5-4. SCHEMA DU CORRIDOR KARLSRUHE-BRETTEN AVANT 1992 (SOURCE TTK) 137
FIGURE 5-5. SCHEMA DU CORRIDOR KARLSRUHE-BRETTEN APRES 1992 (SOURCE TTK) 138
FIGURE 5-6. SCHEMA DE L'OFFRE SANS CORRESPONDANCE (SOURCE TTK) 147
FIGURE 5-7. SCHEMA DE L'OFFRE AVEC CORRESPONDANCE AMELIOREE (SOURCE TTK) 148
FIGURE 5-8. SCHEMA DE L'OFFRE INTERCONNECTEE (SOURCE TTK) 148
FIGURE 5-9. PLAN DU RESEAU DE TRANSPORT DE PERSONNES DE KARLSRUHE 155
FIGURE 5-10. SCHEMA DE L'OFFRE INTERCONNECTEE (SOURCE TTK) 157

FIGURE 5-11. COLLECTE ET REPARTITION DES RECETTES (SOURCE TTK) 158
FIGURE 5-12. PRISE EN CHARGE DU DEFICIT D'EXPLOITATION (SOURCE TTK) 158
FIGURE 6-1. LA DESSERTE PERIURBAINE (SOURCE : AVP, SNCF, MAI 2004) 168
FIGURE 6-2. LE TRONÇON D'INTERCONNEXION (SOURCE : AVP, SNCF, MAI 2004) 171
FIGURE 6-3. LE TRACE URBAIN DU TTSBP (SOURCE : AVP, SNCF, MAI 2004) 172
FIGURE 6-4. PERIMETRE DE COMPETENCE SUR LES GARES (SOURCE : AVP, SNCF, MAI 2004). 178
FIGURE 7-1. FONCTION D'APPARTENANCE EN FORME DE S 205
FIGURE 7-2. MATRICE DE LISSAGE 206
FIGURE 7-3. MATRICE DE PONDERATION PAIRE PAR PAIRE 208
FIGURE 7-4. SCHEMA GLOBAL DE L'AMC EFFECTUEE 210
FIGURE 7-5. MATRICE DE COMPARAISON DE LA CARTE TEMOIN 211
FIGURE 7-6. MODULE « MCE » (MULTI CRITERIA EVALUATION) POUR LA CARTE « TEMOIN » 212
FIGURE 7-7. CARTE « TEMOIN » 212
FIGURE 7-8. MATRICE DE COMPARAISON DES FACTEURS DE LA CARTE « TEST DE SENSIBILITE » 213
FIGURE 7-9. MATRICE DES INDICES DE COHERENCE 214
FIGURE 7-10. MODULE MCE 214
FIGURE 7-11. CARTE « TEST DE SENSIBILITE 1 » 215
FIGURE 7-12. CARTE TEMOIN 216
FIGURE 7-13. CARTE DE SENSIBILITE 2 216
FIGURE 7-14. CARTE TEMOIN 217
FIGURE 7-15. CARTE DE SENSIBILITE 3 217
FIGURE 7-16. CARTE TEMOIN 218
FIGURE 7-17. CARTE DE SENSIBILITE 4 218
FIGURE 7-18. CARTE TEMOIN 219
FIGURE 7-19. CARTE DE SENSIBILITE 5 219
FIGURE 7-20. CARTE TEMOIN 220
FIGURE 7-21. CARTE DE SENSIBILITE 6 220
FIGURE 7-22. CARTE TEMOIN 221
FIGURE 7-23. CARTE DE SENSIBILITE 7 221
FIGURE 7-24. CARTE TEMOIN 222
FIGURE 7-25. CARTE DE SENSIBILITE 8 222
FIGURE 7-26. CARTE TEMOIN 223
FIGURE 7-27. CARTE DE SENSIBILITE 9 223
FIGURE 7-28. CARTE DE FIABILITE DES ZONES 225
FIGURE 8-1. SIMULATION 1 GIERES / CROLLES 232
FIGURE 8-2. SIMULATION 2 GIERES / CROLLES 235
FIGURE 8-3. SIMULATION 3 GIERES / CROLLES 238
FIGURE 8-4. SIMULATION 4 GIERES / CROLLES 241
FIGURE 8-5. SIMULATION 5 GIERES / CROLLES 244
FIGURE 8-6. SIMULATION 6 GIERES / CROLLES 247
FIGURE 8-7. SIMULATION 7 GIERES / CROLLES 250
FIGURE 8-8. POPULATION RESIDENTIELLE DE LA RIVE GAUCHE 253
FIGURE 8-9. POPULATION ACTIVE DE LA RIVE GAUCHE 253
FIGURE 8-10. POPULATION RESIDENTIELLE DE LA RIVE DROITE 254
FIGURE 8-11. POPULATION ACTIVE DE LA RIVE DROITE 254
FIGURE 8-12. APPARITION CUMULEE SUR LES 7 SIMULATIONS DES ZONES POTENTIELLES 255
FIGURE 8-13. HYPOTHESES DE POLES MULTIMODAUX DANS LES ESPACES NON OCCUPES 257
FIGURE 8-14. HYPOTHESES DE HALTES DANS LES ESPACES OCCUPES 258
FIGURE 8-15. ACTIFS ET RESIDENTS DES COMMUNES DE LA RIVE DROITE POUR CHAQUE SIMULATION 261
FIGURE 8-16. ACTIFS ET RESIDENTS DES COMMUNES DE LA RIVE GAUCHE POUR CHAQUE SIMULATION 261
FIGURE 8-17. ARRETS DU TRAM-TRAIN DANS LA VALLEE DU GRESIVAUDAN 263
FIGURE 8-18. GRAPHE DES ARRETS 263

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1-1. CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE ANNUELLE MOYENNE EN % 23
TABLEAU 2-1. POLE D'ACTIVITE ET COMMUNES DE RESIDENCE 67
TABLEAU 5-1. EVOLUTION DE LA POPULATION DU LANDKREIS DE KARLSRUHE ENTRE 1964 ET 2004. 128
TABLEAU 5-2. LIGNE DB KARLSRUHE-BRETTEN AVANT 1992 (SOURCE SYSTRA) 138
TABLEAU 5-3. LIGNE TRAM-TRAIN KARLSRUHE-BRETTEN APRES 1992 (SOURCE : SYSTRA) 139
TABLEAU 5-4. RESULTAT DES COMPTAGES DE MARS 1993 (SOURCE : SYSTRA) 142
TABLEAU 6-1. LES 24 GARES TRAM-TRAIN DU TRONÇON PERIURBAIN 170
TABLEAU 7-1. ECHELLE DE PONDERATION CONTINUE (EASTMAN, 1995) 193
TABLEAU 7-2. FONCTION « FUZZY » POUR CHAQUE FACTEUR 206
TABLEAU 7-3. COMPARAISON DES FACTEURS 215
TABLEAU 7-4. COMPARAISON DES FACTEURS 217
TABLEAU 7-5. COMPARAISON DES FACTEURS 218
TABLEAU 7-6. COMPARAISON DES FACTEURS 219
TABLEAU 7-7. COMPARAISON DES FACTEURS 220
TABLEAU 7-8. COMPARAISON DES FACTEURS 221
TABLEAU 7-9. COMPARAISON DES FACTEURS 222
TABLEAU 7-10. COMPARAISON DES FACTEURS 223
TABLEAU 7-11. COMPARAISON DES FACTEURS 224
TABLEAU 7-12. SENSIBILITE DES FACTEURS 224
TABLEAU 7-13. PONDERATION DES TESTS DE ROBUSTESSE 225
TABLEAU 7-14. VALEUR DES PIXELS SUR LA CARTE DE FIABILITE 227
TABLEAU 8-1. PONDERATIONS POUR LA SIMULATION 1 231
TABLEAU 8-2. SIMULATION 1 POUR LA RIVE GAUCHE 233
TABLEAU 8-3. SIMULATION 1 POUR LA RIVE DROITE 233
TABLEAU 8-4. PONDERATIONS POUR LA SIMULATION 2 234
TABLEAU 8-5. SIMULATION 2 RIVE GAUCHE 236
TABLEAU 8-6. SIMULATION 2 RIVE DROITE 237
TABLEAU 8-7. PONDERATIONS POUR LA SIMULATION 3 238
TABLEAU 8-8. SIMULATION 3 RIVE GAUCHE 239
TABLEAU 8-9. SIMULATION 3 RIVE DROITE 240
TABLEAU 8-10. PONDERATIONS SIMULATION 4 241
TABLEAU 8-11. SIMULATION 4 RIVE GAUCHE 242
TABLEAU 8-12. SIMULATION 4 RIVE DROITE 243
TABLEAU 8-13. PONDERATIONS SIMULATION 5 243
TABLEAU 8-14. SIMULATION 5 RIVE GAUCHE 245
TABLEAU 8-15. SIMULATION 5 RIVE DROITE 245
TABLEAU 8-16. PONDERATIONS SIMULATION 6 246
TABLEAU 8-17. SIMULATION 6 RIVE GAUCHE 248
TABLEAU 8-18. SIMULATION 6 RIVE DROITE 248
TABLEAU 8-19. PONDERATIONS SIMULATION 7 249
TABLEAU 8-20. SIMULATION 7 RIVE GAUCHE 251
TABLEAU 8-21. SIMULATION 7 RIVE DROITE 251
TABLEAU 8-22. DESSERTE TRAM-TRAIN DES COMMUNES 262

TABLE DES MATIERES

Remerciements 3
Sommaire 5

INTRODUCTION 7

PARTIE I ETUDE DES SECTEURS AGGLOMERATION ET GRESIVAUDAN 11

Introduction de la première partie 12
CHAPITRE 1. La périurbanisation 13
1. La périurbanisation 14
1.1. Décrire spatialement le phénomène 15
1.1.1. Quelques définitions 15
1.1.2. Les nomenclatures de l'INSEE 16
1.1.2.1. Le pôle urbain 16
1.1.2.2. La couronne périurbaine 16
1.1.2.3. Les communes multipolarisées 17
1.1.2.4. L'espace à dominante rurale 17
1.1.3. Définition retenue 17
1.2. Le phénomène 18
1.2.1. Une transformation sociale de la ville 18
1.2.2. Une modification du rapport espace / temps 19
1.2.3. « Les territoires de l'automobile » 19
1.2.4. Un déséquilibre spatial des déplacements 20
1.2.5. La mobilité en hausse 20
2. La périurbanisation grenobloise 21
2.1. Situation générale 21
2.2. Précision sur la zone d'étude 23
3. Etude de la périurbanisation grenobloise 26
3.1. Variables utilisées 27
3.1.1. Les variables socio-démographiques et socio-économiques 27
3.1.2. Les variables de typo-morphologie du bâti 28
3.1.3. Les variables spatiales 28
3.2. La méthode statistique employée 29

3.3. Les caractéristiques de la périurbanisation grenobloise 29
3.3.1. Les corrélations entre variables 30
3.3.2. L'interprétation des axes factoriels 32
3.3.2.1. Premier axe : communes urbaines / communes périurbaines de la seconde vague 35
3.3.2.2. Second axe : première vague de périurbanisation / dernière vague 41
3.3.2.3. Troisième axe : population jeune / population âgée 45
3.3.2.4. Quatrième axe : hiérarchie de la structure sociale 47
3.4. Représentation Cartographique de la périurbanisation 48
CHAPITRE 2. Périurbanisation et emplois 55
1. Localisation des emplois selon les activités 56
1.1. Etude de la spatialisation des emplois 58
1.1.1. Variables utilisées 59
1.1.2. La méthode statistique employée 59
1.2. La répartition des emplois 60
1.2.1. Les emplois industriels 63
1.2.2. Les emplois agricoles 65
1.2.3. Les emplois tertiaires 65
2. Pôles d'activités et communes d'habitation 66
2.1. Les pôles d'activités 68
2.1.1. Evolution 1990-1999 68
2.1.2. Quel avenir ? 69
2.2. Les communes d'habitation 70
2.3. Bilan 71
CHAPITRE 3. Structurer les déplacements dans la périurbanisation 73
1. Les conséquences sociétales d'une périurbanisation incontrôlée 75
1.1. Coûts sur l'environnement 75
1.2. Coûts économiques et sociaux 75
1.3. Modification de l'urbanisme 77
1.4. Coûts sur les transports individuels 78
1.5. Coûts sur les transports collectifs 79
2. Une offre de transports en commun périurbain adaptée 80
2.1. Une définition de la mobilité 80
2.2. Le développement de la mobilité 81
2.2.1. La voiture comme vecteur de mobilité : un choix de société 81
2.2.2. Satisfaire la mobilité avec les transports en commun 83
2.3. Une offre attractive, adaptée aux besoins de mobilité 85
2.3.1. Les conditions de circulation 85
2.3.2. Une offre intermodale et multimodale 86
2.4. Le choix de l'offre 88
2.4.1. La pertinence de l'offre 88
2.4.2. La détermination des arrêts 89

2.5. L'attractivité du réseau 90
2.5.1. Plan de Déplacements Entreprises (PDE) 90
2.5.1.1. Mesures de promotion des modes de transport alternatifs : 90
2.5.1.2. Mesures visant à limiter les déplacements des salariés : 91
2.5.2. Pôles d'échange 91
2.5.2.1. Les gares 92
2.5.2.2. Parc relais 92
2.5.2.3. Les aménagements de l'espace public 93
2.5.2.4. Les aménagements pour l'attractivité du réseau 93
2.5.2.5. Développer l'intermodalité entre les modes doux et les autres 94
2.6. Incidence sur l'aménagement du territoire 96
3. Les dispositions en faveur du développement des TCPSP 97
3.1. La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) 97
3.2. La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) 97
3.3. Le Plan de Déplacement Urbain (PDU) 98
3.4. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) 99
3.5. Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) 100
Conclusion de la première partie 102

PARTIE II LE TRAM-TRAIN 103

Introduction de la seconde partie 104
CHAPITRE 4. Un tram-train dans la vallée du Grésivaudan 105
1. Le tram-train 106
1.1. L'interconnexion des réseaux ferrés 106
1.1.1. Un « rail unique » 107
1.1.2. La suppression d'une rupture de charge 108
1.1.3. Réorganisation du réseau de transport en commun 109
1.2. Compatibilité des systèmes ferroviaires 109
1.2.1. Les aménagements pour la circulation des véhicules 109
1.2.1.1. Les gabarits des véhicules 109
1.2.1.2. Les courbes 110
1.2.1.3. Appareils de voie 110
1.2.2. La sécurité 111
1.2.3. Les caractéristiques techniques 111
1.2.3.1. La vitesse 111
1.2.3.2. Un véhicule bi-courant 112
1.3. Le tram-train, un mode de transport aux multiples facettes 112
1.3.1. Le tram-train, outil fédérateur 112
1.3.1.1. Une Autorité Organisatrice d'un nouveau genre 112
1.3.1.2. Une intégration tarifaire 114
1.3.2. Le tram-train, élément de structuration de l'espace 115
1.4. Un investissement moindre 116

2. Un tram-train dans la vallée du Grésivaudan 116
2.1. Le Plan de Déplacement Urbain 117
2.2. Le Schéma Directeur de la Région Urbaine Grenobloise 118
2.3. Les tramways grenoblois jusqu'en 1952 120
2.3.1. Le réseau urbain 120
2.3.2. Le réseau suburbain 121
2.3.3. Le Tramway Grenoble Chapareillan 122
CHAPITRE 5. Le tram-train de Karlsruhe 125
1. Caractéristiques de la region 126
1.1. Le Land de Baden-Württemberg 126
1.2. Karlsruhe 128
1.2.1. Le développement de la périurbanisation 128
1.2.2. Les solutions de gestion des déplacements 129
2. Le tram-train : un mode en mutation 129
2.1. Les premiers tram-train 130
2.1.1. Le tramway urbain 130
2.1.2. Les interconnexions des années 1960 : pas de mixité de circulation 130
2.1.2.1. Le sud de Karlsruhe 131
2.1.2.2. Karlsruhe-Bad Herrenalb 132
2.1.2.3. Karlsruhe-Ittersbach 132
2.1.2.4. Le chemin de fer Hardtbabn (appelé aussi Nordbabn) 133
2.1.2.5. Le tronçon Nordweststadt-Neureut (1979) 133
2.1.2.6. Neureut-Leopoldshafen (1986) 134
2.1.2.7. Leopoldshafen-Hochstetten (1989) 135
2.2. Le tram-train avec la mixité de circulation à partir de 1992 136
2.2.1. Karlsruhe-Bretten (1992) 137
2.2.1.1. Description de la ligne 137
2.2.1.2. Les travaux 140
2.2.1.3. Le matériel roulant 140
2.2.1.4. L'intermodalité 141
2.2.1.5. La fréquentation de la ligne Karlsruhe-Bretten 142
2.2.1.6. L'exploitation de la ligne Bretten - Karlsruhe 143
2.2.2. L'extension du réseau Tram Train 144
2.2.2.1. Les années 1990. 144
2.2.2.2. Les années 2000 145
2.3. Le réseau tram-train aujourd'hui 145
2.3.1. Un réseau étendu 146
2.3.2. Les problèmes de traversée du centre-ville 146
3. Les raisons du succès 147
3.1. La transformation des correspondances 147
3.2. L'interconnexion : un gain de temps (observation sur Karlsruhe-Bretten) 149
3.2.1. Correspondances « internes » 149
3.2.1.1. Services urbains à forte fréquence 149
3.2.1.2. Services à faibles fréquences à correspondances organisées 150

3.2.2. Correspondances « externes » entre systèmes différents 150
3.2.2.1. « L'aller » vers le système urbain _____ 150
3.2.2.2. « Le retour » vers le système périurbain _____ 150
3.2.3. L'interconnexion 151
3.3. Les gains de l'interconnexion en matière de coûts d'exploitation _____ 151
3.4. Intérêt du tram-train en terme d'optimisation du transport public _____ 153
4. Organisation _____ 153
4.1. L'exploitation des lignes à Karlsruhe _____ 153
4.2. La régionalisation des chemins de fer allemands. _____ 156
4.2.1. La réforme des chemins de fer allemands 156
4.2.2. La communauté de transport de Karlsruhe (KVV). 156
4.2.2.1. La composition du KVV _____ 157
4.2.2.2. Les missions du KVV _____ 158
4.3. Effets sur le développement urbain _____ 159
4.3.1. Les choix de localisation 159
4.3.2. Planification urbaine 159
CHAPITRE 6. Le tram-train de Strasbourg _____ 161
1. Le tram-train de l'agglomération strasbourgeoise _____ 162
1.1. La périurbanisation _____ 162
1.2. Le tram-train _____ 163
1.3. Les objectifs recherchés _____ 163
1.3.1. Favoriser les déplacements 164
1.3.2. Un instrument d'aménagement du territoire 165
2. Le tracé du TTSBP _____ 166
2.1. La partie périurbaine _____ 167
2.1.1. Le tracé du TTSBP 167
2.1.2. Les aménagements favorables à l'intermodalité 169
2.2. Le réseau urbain CTS / CUS de l'agglomération strasbourgeoise _____ 171
2.2.1. Le tronçon d'interconnexion des réseaux 171
2.2.2. La circulation sur le réseau urbain existant 172
2.2.3. Les stations sur le réseau de tramway urbain CUS-CTS 173
2.3. Une nouvelle offre de transport _____ 173
2.3.1. Les usagers 173
2.4. Les exploitants _____ 174
3. La structuration politique de l'espace desservie _____ 174
3.1. Le coût du projet pour les exploitants _____ 174
3.2. Un outil de coopération politique sur le territoire _____ 175
3.2.1. Les partenaires 176
3.2.2. Acteurs concernés par le financement des aménagements des gares 177
3.2.3. Coordination financière pour les aménagements des gares 177
3.3. La SIBS _____ 179
Conclusion de la seconde partie 181

PARTIE III METHODE ET RESULTATS 183

Introduction de la troisième partie 184
CHAPITRE 7. Méthode et validation de la procédure de choix du tracé _____ 185
1. l'analyse multicritère pour l'aide à la décision _____ 186
1.1. Théorie de l'aide à la décision _____ 186
1.1.1. La recherche opérationnelle (RO) 186
1.1.2. L'aide à la décision multicritère 187
1.1.3. Les étapes du processus d'aide à la décision multicritère 187
1.2. L'analyse multicritère _____ 190
1.2.1. Typologie par rapport à la problématique de décision. 191
1.2.2. Typologie par rapport au type d'agrégation 191
1.3. Les méthodes multicritères _____ 192
1.3.1. Les méthodes multicritères d'agrégation complète 192
1.4. La méthode AHP (Analytical Hierarchy Process / Procédé Analytique Hiérarchisé)193
1.4.1. Les méthodes multicritères discrètes ou d'agrégation partielle 194
1.4.2. Les méthodes interactives 195
1.5. Conclusion sur l'analyse multicritère pour l'aide à la décision _____ 196
2. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) _____ 196
2.1. Les SIG « raster » _____ 197
2.2. Les SIG « vecteur » _____ 197
2.3. Intégration entre S.I.G. et méthodes d'analyse multicritère _____ 198
3. La méthode développée pour le tram train _____ 200
3.1. La méthode AMC appliquée au tram-train. _____ 200
3.1.1. La population étudiée préfigure les critères 200
3.1.2. Les critères 202
3.1.2.1. Les facteurs _____ 202
3.1.2.2. Les contraintes _____ 204
3.2. La carte de visualisation des critères _____ 205
3.2.1. La fonction « FUZZY » 205
3.2.2. La fonction « FILTER » 206
3.2.3. Le module « MCE » (multi criteria evaluation) 206
3.2.4. La fonction « WEIGHT » 207
3.3. Détail de la méthode _____ 210
3.3.1. La carte « témoin » 211
3.3.1.1. Les opérations de comparaison de facteurs _____ 211
3.3.1.2. Le module « MCE » _____ 212
3.3.2. Carte « test de sensibilité » 213
3.3.2.1. Les opérations de comparaison de facteurs _____ 213
3.3.2.2. Le module « MCE » _____ 214
3.4. Les tests de validation _____ 216
3.4.1. L'analyse de sensibilité 216

3.4.1.1. Test de sensibilité 2 216
3.4.1.2. Test de sensibilité 3 217
3.4.1.3. Test de sensibilité 4 218
3.4.1.4. Test de sensibilité 5 219
3.4.1.5. Test de sensibilité 6 220
3.4.1.6. Test de sensibilité 7 221
3.4.1.7. Test de sensibilité 8 222
3.4.1.8. Test de sensibilité 9 223
3.4.2. L'analyse de robustesse 224
CHAPITRE 8. Application de la méthode dans la vallée du Grésivaudan 229
1. Les simulations 231
1.1. Simulation 1 231
1.1.1. Rive gauche 232
1.1.2. Rive droite 233
1.2. Simulation 2 234
1.2.1. Rive gauche 236
1.2.2. Rive droite 237
1.3. Simulation 3 237
1.3.1. Rive gauche 239
1.3.2. Rive droite 239
1.4. Simulation 4 240
1.4.1. Rive gauche 242
1.4.2. Rive droite 243
1.5. Simulation 5 243
1.5.1. Rive gauche 244
1.5.2. Rive droite 245
1.6. Simulation 6 246
1.6.1. Rive gauche 247
1.6.2. Rive droite 248
1.7. Simulation 7 249
1.7.1. Rive gauche 250
1.7.2. Rive droite 251
2. Le choix des arrêts 252
2.1. Comparaison des communes selon les simulations. 252
2.1.1. Les communes de la rive gauche 252
2.1.2. Les communes de la rive droite 254
2.2. Le choix des arrêts 256
2.2.1. Les pôles d'échanges 257
2.2.2. Les haltes 258
2.3. Les dessertes systématiques / occasionnelles des arrêts 260
2.4. Les aménagements 264
Conclusion de la troisième partie 266

CONCLUSION 267

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 269

Sitothèque 276

ANNEXES 277

ANNEXE 1. L'Analyse en Composantes Principales 278
ANNEXE 2. Classification 280
ANNEXE 3. La matrice des corrélations de l'acp 281
ANNEXE 4. Aide à l'interprétation de l'ACP (Tableaux des 4axes) 283
ANNEXE 5. Analyse Factorielle des Correspondances 285
ANNEXE 6. Graphiquage d'une ligne de tram-train 286
ANNEXE 7. Affectation aux tronçons 287
ANNEXE 8. Importation des données 288
ANNEXE 9. Mise en forme des données 289
ANNEXE 10. Assignation des valeurs 290
ANNEXE 11. Contraintes 291
ANNEXE 12. Facteurs 292
ANNEXE 13. Exportation des données 294
ANNEXE 14. Résultats globaux des 7 simulations AMC 296
Table des figures 303
Table des tableaux 305

TABLE DES MATIERES 307

Nom du document : theseVerfinal.doc
Répertoire : C:\Documents and Settings\bouhet\Bureau
Modèle : C:\Documents and Settings\bouhet\Application Data\Microsoft\Modèles\NORMAL.DOT
Titre :
Sujet :
Auteur : bouhet
Mots clés :
Commentaires :
Date de création : 11/12/2006 10:47
N° de révision : 10
Dernier enregistr. le : 12/12/2006 1:06
Dernier enregistrement par : Bernard
Temps total d'édition :146 Minutes
Dernière impression sur : 12/12/2006 1:48
Tel qu'à la dernière impression
Nombre de pages : 314
Nombre de mots : 83 526 (approx.)
Nombre de caractères : 459 399 (approx.)