Proposition de modélisation spatiale et de formalisation des transports à la demande (TAD)

Élodie CASTEX : *(doctorante) l'UMR 6012 ESPACE, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse*

Émail : elodie.castex@univ-avignon.fr

RÉSUMÉ

Le transport à la demande (TAD) est un mode de transport public terrestre « qui combine les avantages des transports collectifs et des véhicules individuels » [Banos & Josselin, 1999]. Depuis la fin des années 1990, le nombre de TAD ne cesse de croître. Ce développement s'accompagne d'une diversification des formes de fonctionnement et d'organisation, sur des territoires variés, de l'urbain dense au rural isolé, à l'échelle communale comme départementale. Il devient dès lors difficile de dégager une typologie représentative de ces services. Afin de réaliser une classification fiable des différents systèmes de TAD, nous proposons dans cet article d'appréhender un aspect peu étudié des TAD : leur dimension spatiale. Dans ce but, nous proposons une méthode pour décrire les formes de desserte spatiale en fonction de l'organisation territoriale, des origines et destinations des déplacements et des contraintes du service.

ABSTRACT

Demand responsive transport (DRT) is a kind of public transport which combines the advantages of collective transport and individual vehicles [Banos and Josselin, 1999]. Since the end of the 90s, the number of DRT has increasing more and more. The types of spatial organizations of the DRTs are as varied as dense urban or isolated rural. DRT also exist at a small scale (e.g. village level) and at a more aggregated scale (e.g. county level). In order to obtain a reliable classification of the different systems of DRT, we suggest in this article to study a rarely tackled aspect of the DRT: their spatial dimension. For this purpose, we present a method for describing the spatial organisation of transport supply on the base of simple elements: spatial organisation, start points and end points and constraints of the service.

Mots-clés **:** *transport à la demande, modélisation spatiale, typologie, entités spatiales, système de contraintes spatiales.*

Keywords: *demand responsive transport, spatial modelling, typology, spatial entities, system of spatial constraints.*

Introduction

Le transport à la demande est un mode de transport public terrestre « qui combine les avantages des transports collectifs et des véhicules individuels » [Banos et Josselin, 1999]. Ce type de transport connaît un renouveau depuis la fin du siècle dernier, qui se traduit par une multiplication du nombre de services créés chaque année et par une abondante publication sur le sujet. Cette mise au-devant de la scène a été impulsée tout d'abord par les changements de comportements de mobilité [Orfeuil, 2001 ; Bailly et Heurgon, 2001], et leurs répercussions sur les transports publics, mis ainsi en position difficile [Banos, 2001]. Ce besoin de trouver de nouvelles solutions de transport a été accompagné par le législateur (LOTI[1] 1982, loi SRU[2] 2000). Mais surtout ce sont les progrès techniques, en matière de technologies embarquées, et les technologies de l'information et la communication (TIC), qui ont rendu possible son développement.

Si au départ le TAD a été vu comme un moyen d'assurer le service public à moindre coût, les préoccupations environnementales ainsi que les pressants problèmes de congestion urbaine ont relancé des études sur ces nouveaux modes de transport. Aujourd'hui, les recherches se tournent vers des systèmes innovants du point de vue technique [Ambrosino et *al.*, 2004], mais aussi dans la façon de se déplacer ou de consommer l'espace et le temps [Genre-Grandpierre et Josselin, 2005 ; DATAR, DTT, ADEME, 2004].

C'est dans ce contexte favorable que sont nés, en France et en Europe, toute une série de nouveaux services de TAD, certains hautement innovants impulsés par des projets européens (SAMPO[3], FAMS[4]) ou nationaux (PREDIT[5]) [Banos et Josselin, 1999]. D'autres au contraire sont restés plus proches du transport en commun classique. De ce fait, derrière le terme *transport à la demande* se cache un large éventail de services proposant une offre très diversifiée. De nombreux auteurs ont déjà réalisé des typologies [Enoch et *al.*, 2004] ou des classifications [Banos, 2001]. Toutefois, ces dernières ne prennent pas en compte (ou très peu) les critères spatiaux. Elles sont basées sur les caractéristiques de fonctionnement des TAD, sur leurs modalités de desserte… mais le rôle de l'espace y est souvent considéré comme une variable secondaire. Partant du constat que certains types de TAD reconnus comme performants en certains lieux, mais ne rencontrent pas le même succès en d'autres, nous proposons de mener une réflexion sur le lien qui existe entre les caractéristiques de l'espace et celles du TAD.

Pour y arriver, deux démarches sont menées en parallèle. Une première consiste à réaliser un inventaire des expériences des TAD existants afin de disposer d'une base de données de référence. Une seconde démarche, de nature modélisatrice, a pour objectif de développer un outil de comparaison qui intègre les critères spatiaux. Pour cela, nous proposons de représenter les différentes formes de desserte spatiale et leur rapport au territoire dans un tableau construit à l'aide de trois variables.

Ces deux étapes s'enrichissent mutuellement : l'inventaire sert de base pour formaliser les premières hypothèses, la modélisation en retour est utilisée pour mieux caractériser les TAD dans la base de données.

1 - La place du transport à la demande en France métropolitaine

1.1 - Le transport à la demande, un maillon essentiel de la chaîne de transport public

« Un TAD est un transport terrestre public (associé à un territoire et à une autorité organisatrice de transport), collectif (visant à regrouper les passagers) et individualisé (qui n'est activé que lorsqu'au moins un usager en fait la demande) » [Banos et Josselin, 1999]. Souvent considéré comme marginal par rapport à l'ensemble des transports publics, le transport à la demande joue pourtant un rôle non négligeable. En effet, s'il ne peut pas être comparé aux réseaux de bus ou de trains qui assurent les liaisons les plus stratégiques en terme de flux (*i.e.* intra-urbain), ce mode de transport tient néanmoins une place essentielle au niveau local : il assure la continuité du service public dans les zones les moins denses ou les plus difficiles à desservir et contribue à améliorer l'accessibilité générale du système de transport public. Si le TAD reste modeste en nombre de passagers, il permet l'accès à la chaîne de transport dans son intégralité ; il est donc une « entrée » pour accéder au réseau de bus ou de chemin de fer. En d'autres endroits, il constitue le seul moyen de se déplacer sans véhicule privé. Il participe ainsi à la lutte contre l'isolement et la déprise du territoire, mais il offre également une alternative à la voiture

[1] Loi d'orientation des transports intérieurs

[2] Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain

[3] Systems for Advanced Management of Public transport Operations : *http://www.cordis.lu/telematics/tap_transport/research/projects/sampo.html*

[4] Flexible Agency for collective demand responsive Mobility Services: *http://www.famsweb.com/*

[5] Programme de recherche, d'expérimentation et d'innovation dans les transports terrestres

dans des espaces qui lui sont habituellement dédiés. Ce mode apparaît donc comme un maillon à part entière de la chaîne de transport public.

Le TAD se distingue également par la diversité des territoires qu'il irrigue. Traditionnellement, le transport public est plutôt bien organisé et hiérarchisé, chaque mode de transport étant réservé à un type de territoire et à une certaine échelle (le bus en milieu urbain à l'échelle de l'agglomération, l'autocar pour l'interurbain, le TER au niveau régional…). Le TAD a pendant longtemps été considéré comme le mode de prédilection des zones rurales, or aujourd'hui, il existe des services aussi bien en milieu urbain dense que périurbain. De même, le TAD fonctionne aussi bien à l'échelle du quartier (*i.e.* Aix-en-Provence), que de la commune (*Evolis Gare* Besançon), de l'intercommunalité (Communauté de commune du Pays de La Roche aux Fées ou Communauté d'Agglomération de Saint-Brieuc), ou encore du département (Bas-Rhin). Les TAD ne sont donc pas réservés à un type d'espace ou à une échelle particulière. Cette grande modularité a contribué à leur succès, mais complique leur étude.

1.2 - Inventaire des transports à la demande

Pour mieux appréhender les multiples facettes des TAD, nous avons réalisé un inventaire au niveau national qui relate la situation française au début de l'année 2005. À cette date, 421 services ont été identifiés. Ils s'étendent sur 545 périmètres et 5 248 communes. Le TAD concerne 120 agglomérations, 671 communautés de communes et 91 départements. 80 % de ces communes ont moins de 2 000 habitants et s'étendent majoritairement en zone périurbaine (40 %) ou rurale (45 %). Ces résultats sont provisoires car tous les services n'ont pas répondu aux dernières enquêtes réalisées [DATAR, DTT, ADEME, 2004].

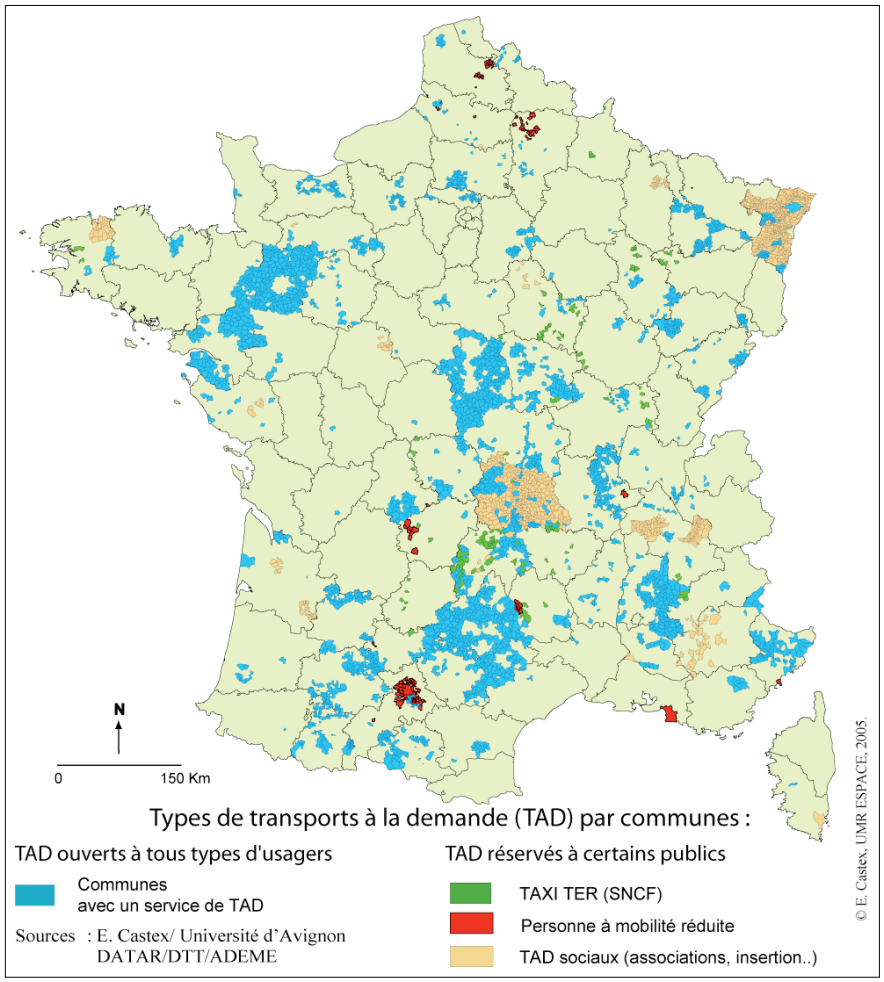

Figure 1 : le transport à la demande en France Métropolitaine (janvier 2005)

La figure 1 présente les communes recensées dans la base de donnée. Faute d'informations, certains services n'ont pas pu être représentés.

En bleu sont figurés les TAD qui s'adressent à l'ensemble des citoyens. Ils sont présents sur l'ensemble du territoire métropolitain, même s'ils semblent plus nombreux dans certaines régions (nord-ouest, centre, sud-ouest…). Mais il faut se méfier de l'effet visuel créé par quelques conseils généraux qui ont souhaité étendre la

représentation du service à l'ensemble de leur département (Mayenne, Aveyron…). Les initiatives des plus petites structures (communes, EPCI[6], Pays…) sont plus nombreuses, mais ressortent moins bien sur la carte du fait de leur taille.

Sur la figure 1, sont également représentés les TAD dédiés à certains types d'usagers comme les personnes à mobilité réduite (PMR), les clients de la SNCF, ou les membres d'une association à caractère social (TAD sociaux). Ces services répondent à des logiques différentes des TAD classiques, même si leurs fonctionnements présentent des similitudes. Cette catégorie reste minoritaire par rapport à l'ensemble (1 500 communes) et ne concerne que des flux très modestes.

Cette première distinction est loin d'être suffisante pour refléter la variété de ce mode transport. Pour réaliser des analyses plus fines et des comparaisons, il faut définir une typologie plus précise qui intègre de nouveaux critères.

2 - Vers une modélisation des caractéristiques spatiales des TAD

Les typologies des TAD sont traditionnellement basées sur le type d'offre : porte-à-porte, lignes virtuelles, lignes fixes à déclenchement, systèmes semi-fixes [GART - PREDIT, 1997]. Cette terminologie renseigne sur les modalités de fonctionnement du service mais oublie les éléments desservis (habitat concentré ou dispersé, organisation des flux diffuse ou polarisée…). La configuration spatiale est également ignorée, pourtant les études sur la forme des réseaux de transport démontrent qu'elle influence les déplacements [Genre-Grandpierre, 2000], et la localisation des activités humaines [Peeters et *al.*, 1998]. En ce qui concerne les TAD, cet aspect n'a jamais été abordé dans une vision d'ensemble.

Nous proposons donc, dans cet article, de réfléchir sur les différentes formes d'organisation spatiale des TAD ainsi qu'à une méthode pour les caractériser. Nous proposons de les représenter à l'aide d'un tableau, en faisant abstraction de l'échelle, du temps et des particularités territoriales pour n'observer que la forme et ainsi disposer d'un outil de comparaison applicable à un maximum de situations. Ce travail prolonge une réflexion initiée en 2004 [Castex et *al.*, 2004].

2.1 - Une typologie construite à partir de trois variables

Trois variables ont été choisies pour leur rôle prédominant sur la forme et le fonctionnement du service. Leur combinaison suffit à rendre compte de la grande variété des TAD. On peut les représenter à partir de deux entités simples : les arrêts du TAD qui désignent les points de montées et de descente qui sont fixés par l'autorité organisatrice de transport (AOT) et les flèches qui symbolisent les flux de déplacement.

L'avantage de notre tableau par rapport aux typologies utilisées jusqu'alors, est d'introduire trois nouveaux aspects en plus du mode de fonctionnement : les principes de zonage, de polarisation et de flux. Ils constituent une première forme d'intégration du territoire.

Première variable : les caractéristiques de fonctionnement basées sur le territoire
Le territoire est représenté par l'espace d'action du TAD, celui-ci est clairement délimité par l'AOT. Le plus souvent, il correspond à une maille administrative telle que la commune, le canton ou l'EPCI, mais il peut également ne concerner qu'une partie de ces entités comme un quartier. Ce territoire peut être d'un seul tenant, *territoire continu,* ou divisé en secteurs, *territoire discontinu* (un même service s'étend sur plusieurs zones ayant chacune une part d'autonomie). Cette distinction induit deux types d'organisation et de fonctionnement.
L'introduction du zonage sert à mieux contrôler et organiser le territoire du TAD ou pallier à certains inconvénients. Il est utilisé pour diminuer les coûts et la longueur des déplacements, introduire une tarification basée sur la distance ou faciliter l'organisation des tournées sur un territoire hétérogène ou trop vaste. Le passage d'une zone à l'autre, lorsqu'il est autorisé, est généralement soumis à un ensemble de contraintes notamment tarifaires. Cette partition de l'espace est généralement calquée sur les frontières administratives au sein desquelles vont être organisés les déplacements.

Deuxième variable : les origines et destinations des déplacements
Tout déplacement est caractérisé par une origine et une destination (O/D). L'origine désigne les lieux à partir desquels émerge une demande de transport ; elle correspond aux points de montée dans le véhicule, les destinations sont les points de descente. Pour diverses raisons (financières, concurrence avec taxis), ces points peuvent être laissés libres ou fixés par l'AOT.
Les systèmes les plus flexibles comme les porte-à-porte n'imposent aucun arrêt, les usagers pouvant être transportés de n'importe quel lieu vers un autre. Ces systèmes peuvent être gérés manuellement sur des territoires où la demande est faible, mais leur gestion devient plus complexe sur des espaces densément peuplés. Le recours aux TIC ainsi qu'à des solutions d'optimisation est alors nécessaire. Pour contourner cette difficulté,

[6] Etablissements publics de coopération intercommunale

nombre d'AOT limitent les points de montée et/ou de descente. Imposer des arrêts est un moyen de contrôler les coûts, de favoriser le regroupement (plusieurs personnes transportées lors d'un même trajet) et de simplifier la gestion. Lorsque les points de descente sont imposés, ils correspondent généralement à un générateur de flux (i.e. un centre-ville, une gare, un centre commercial). Ces éléments, associés aux caractéristiques du territoire, constituent les « contraintes spatiales » du TAD représentées en ligne de la figure 2 ; elles contribuent à structurer les flux et donc à créer des polarités.
Deux cas de figure sont présents dans notre modèle : si les points de montée et/ou de descente sont imposés par l'AOT, la demande est alors « concentrée » en un certain nombre d'arrêts. Si ces points sont libres, les origines et destinations se retrouvent « dispersées » au sein du territoire. Il reste alors à définir les modalités de déplacement entre les O/D.

Troisième variable : l'orientation des flux comme indicateur des déplacements réalisables en TAD
Les colonnes de la figure 2 représentent l'orientation des flux. Elles indiquent les itinéraires possibles entre les précédents points. S'il n'y a pas un ensemble d'orientations imposées, les flux sont alors dits « multidirectionnels » (tout lieu ou arrêt est joignable à partir d'un autre).
Certaines autorités organisatrices choisissent de canaliser les déplacements en imposant des itinéraires fixes (à la manière d'une ligne de bus) ou virtuels (autorisant certains détours). Généralement, ceux-ci sont orientés par rapport au générateur de flux et prennent des orientations plutôt « centripètes » (première colonne du tableau) ou « centrifuges » (deuxième colonne) selon les moments de la journée.
La troisième colonne présente le cas où elles sont associées dans le temps, les points peuvent être indifféremment origine et destination. Le fait de considérer les deux directions simultanément pose des problèmes de gestion différents du précédent cas où elles sont dissociées dans le temps.

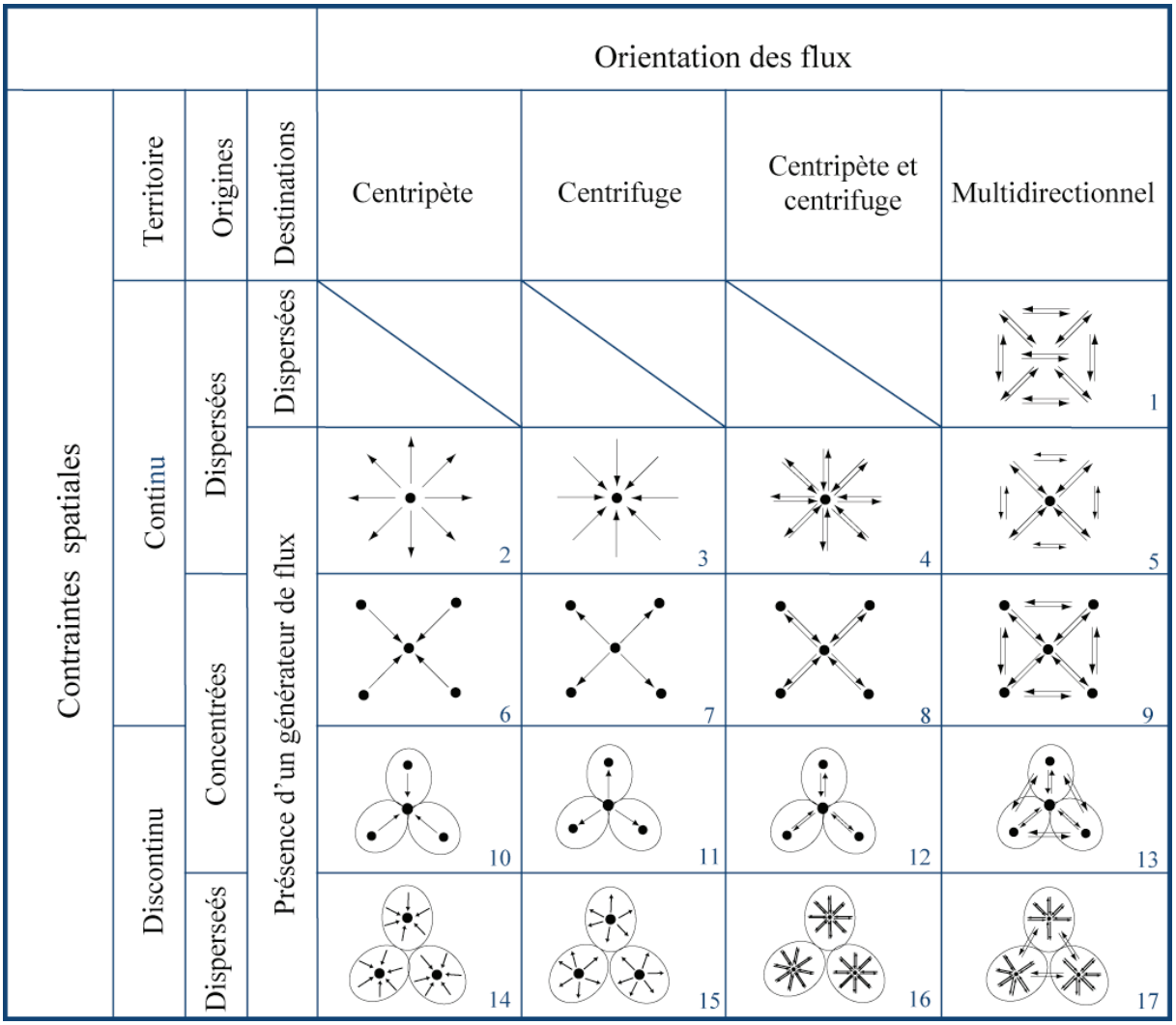

Figure 2 : les formes de desserte spatiale de transport à la demande

2.2 - Les différents types de desserte spatiale de TAD

La figure 2 illustre les différents types de TAD. Au total, ce sont 17 formes de desserte spatiale qui sont représentées, chaque service pouvant être décrit par une ou plusieurs cases du tableau.

La première ligne du tableau décrit un territoire non divisé (continu), sur lequel une demande de transport peut émerger de n'importe quel lieu vers un autre (O/D dispersées). Les flux ne peuvent être que multidirectionnels car aucun point n'oriente les flux, les trois premières cellules sont donc vides. Le modèle n° 1 illustre bien le cas des TAD en porte-à-porte. De tels systèmes existent tant en milieu rural (*i.e.* le SIVOM Laroquebrou du Cantal, 3 000 habitants) qu'en milieu urbain (*Flexidole* du Jura). La plupart des services destinés aux personnes à mobilité réduite et les TAD sociaux fonctionnent ainsi.

La seconde ligne du tableau présente un espace dont la desserte est organisée par rapport à un générateur de flux. Ce type de TAD vise à conduire les clients au point central. Les usagers sont ramassés en n'importe quel lieu, mais sont tous déposés au pôle qui agit selon les moments de la journée ou selon sa nature, comme un attracteur de flux (type n° 2) ou un générateur de flux (type n° 3). En milieu rural, de nombreux services fonctionnent ainsi autour d'un bourg-centre ou d'un marché local (*Transdrome*). Le type n° 4 présente un TAD qui ne dissocie pas dans le temps les déplacements « aller » et « retour » (*i.e. Allobus* Roissy qui transporte les employés de l'aéroport 24h/24). Ces trois types (2, 3 et 4) constituent des variantes des systèmes dits « semi-polarisés » [Lebreton et *al.*, 2000] et de certaines formes de « rabattement ». Le type n° 5 est une forme intermédiaire entre ces derniers et les porte-à-porte. Tous les déplacements sont autorisés au sein du territoire même si la majorité des flux sont à destination du pôle.

Les systèmes, représentés par cette deuxième ligne du tableau, sont fréquemment utilisés sur des territoires fortement structurés par une ville (*i.e. Distribus* organisé autour de Lamballe en Côte d'Armor). Ils augmentent les chances de regroupement au regard d'un vrai porte-à-porte.

Les origines de déplacements peuvent également être concentrées en un certain nombre d'arrêts (troisième ligne du tableau). Si les déplacements sont organisés autour d'un générateur de flux et dissociés dans le temps, le TAD correspond aux types n° 6 et n° 7. Les TAXI-TER ou *Evolis* à Besançon entrent dans cette catégorie (le matin, les clients des TGV sont pris en charge en direction de la gare ; le soir, ils sont ramenés chez eux). Le type n° 9 repose sur un fonctionnement différent : l'espace est couvert par un semis de points, les trajets se font de points à points, on parle alors de système « d'arrêts à arrêts » comme *Taxicar87* du conseil général de Haute-Vienne. Si le semis de points est bien étoffé, ces services se rapprochent du fonctionnement des porte-à-porte.

Les deux dernières lignes du tableau (figure 2) décrivent des espaces divisés en plusieurs entités. Le fonctionnement du TAD à l'intérieur de ces zones peut prendre les différentes formes que nous venons de décrire. Par souci de simplification, nous ne présenterons que les deux cas les plus fréquents : des zones organisées autour d'un générateur de flux commun et une organisation intrazone. Dans le premier cas, les secteurs servent à irriguer une ville-centre (*Créabus* à Montluçon trouve plutôt dans la configuration n° 10, n° 11 ou n° 12 selon les moments de la journée). Dans le second cas, les zones sont plutôt hermétiques les unes par rapport aux autres et fonctionnent de manière autonome (les types n° 14 et n° 15 illustrent le TAD organisé par le département du Cher).

Les flux multidirectionnels introduisent l'idée que les zones ont la possibilité de communiquer entre elles, les personnes peuvent passer de l'une vers l'autre. Le TAD *Petit Pégase* de Mayenne, entre dans le cas de figure n° 13, alors que le TAXI-TER des Pays de la Loire s'apparente plutôt à une organisation du type n° 17.

Si l'organisation de l'espace joue un rôle important sur la forme de desserte des TAD, l'AOT garde une marge de manœuvre importante. Par exemple, le Pays du Doubs Central a choisi un modèle du type n° 17 alors que sa configuration spatiale correspondrait plutôt à celle du type n°12 ou n°13. Ici, le TAD est utilisé comme instrument d'aménagement du territoire pour limiter l'attraction du pôle et favoriser la vie interne aux communautés de communes.

Conclusion

L'introduction des formes de desserte spatiale apporte un nouvel éclairage sur les systèmes de TAD, qui ne se résument alors plus à un simple mode de fonctionnement, mais à un espace structuré par des pôles et des flux. Elles viennent en complément des typologies classiques pour mieux refléter la variété des TAD, mais aussi évaluer leur efficacité.

L'analyse des différentes expériences, inventoriées dans la base de données, montre que plus le territoire du TAD est structuré (par des arrêts, des secteurs) et plus les déplacements sont contraints, plus le service sera d'une gestion facile et d'un coût modéré. Mais il sera aussi plus contraignant pour l'usager.

Ainsi, on assiste à une recrudescence des formes semi-polarisées ou d'arrêts à arrêts (2ème et 3ème lignes du tableau, figure 2) qui constituent des solutions de compromis, les premiers se développant surtout en milieu rural et les seconds en zone urbaine. Les porte-à-porte qui figuraient parmi les premiers TAD apparaissent de plus en plus comme réservés à des cibles particulières (personnes à mobilité réduite, personnes âgées, associations). Enfin, les formes discontinues (4ème et 5ème lignes du tableau, figure 2) sont encore relativement peu utilisées et se limitent à de vastes territoires (départements, pays). Pourtant, elles offrent des opportunités de gestion qui laissent présager leur développement à l'avenir, y compris sur des espaces denses et de taille modeste.

Finalement, ce travail constitue un premier pas vers la réalisation d'une classification exhaustive et représentative de la diversité des modes de transport à la demande. Le tableau (figure 2) permet une première prise en compte du territoire. Son principal avantage est d'être transposable à un maximum de services en faisant abstraction des particularités locales qui génèrent du bruit dans les comparaisons. Il reste, à l'avenir, à intégrer d'autres dimensions comme le temps, la souplesse d'utilisation du service ou encore à replacer les TAD dans une perspective intermodale.

Bibliographie

AMBROSINO G., NELSON J.D., Romanazzo M. (2004). *Demand Responsive Transport Services: Towards the flexible Mobility Agency*. Rome, ENEA, 325 p.

BAILLY, J.P., HEURGON E. (2001). *Nouveaux rythmes urbains : quels transports ?*, La Tour d'Aigues, Edition de l'Aube, Société et territoire, 222 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, Sous la direction de T. Brossard, Université de Franche-Comté, Besançon, 355 p.

BANOS A., JOSSELIN D. (1999). *Les services de transport à la demande dans leur marché et leur cadre institutionnel – Rapport d'étape I, étude de faisabilité d'un repositionnement socio-économique de ces marchés*. Rapport PREDIT, octobre 1999, 58 p.

CASTEX E., HOUZET S., JOSSELIN D. (2004). Prospective research in the technological and mobile society: new Demand Responsive Transports for new territories to serve. *Proceeding of the 7th AGILE Conference*, Heraklion, 29 Avril -1 mai 2004, pp. 559-568.

DATAR, DTT, ADEME (2004). *Services à la demande et transports innovants en milieu rural, de l'inventaire à la valorisation des expériences.* Rapport final ADETEC, novembre2004, 154 p.

ENOCH M., POTTER S., PARKHURST G., *et al.* (2004). *INTERMODE: Innovations in Demand Responsive Transport,* Rapport final, Manchester , Juin 2004, 200 p.

GART - PREDIT (1997). *Le transport à la demande, état de l'art et perspectives*, Rapport public de recherche. IDF Conseil, 97 p.

GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D. (2005). Des transports à la demande pour répondre aux nouvelles formes de mobilité. Le concept de Modulobus. In *Mobilités et temporalités*, Bruxelles, Publications des facultés universitaires, Saint Louis, pp 151-164.

GENRE-GRANDPIERRE C. (2000). *Forme et fonctionnement des réseaux de transport : approche fractale et réflexions sur l'aménagement des villes*. Thèse de doctorat, Sous la direction de P. Frankhauser, Université de Franche-Comté, Besançon, 377 p.

LEBRETON E., ASCHER F., BOURDIN A. *et al.* (2000). *Le Transport à la Demande, un nouveau mode de gestion des mobilités urbaines*. Rapport PREDIT, Paris, ARDU, 219 p.

ORFEUIL J.P. (2001). *L'évolution de la mobilité quotidienne : comprendre les dynamiques, éclairer les controverses.* Synthèse INRETS n°37, Arcueil, INRETS, 147 p.

PEETERS D., THISSE J.-F., THOMAS I. (1998). Transportation Networks and the Location of Human Activities, *Geographical Analysis*, 30:4, pp. 355-371.