



autosBus

moins de voitures autour des villes



www.autosbus.org - autosbus@laposte.net

Les alternatives à la voiture en zone périurbaine : combien ça coûterait ?

Première partie – 27/03/2017

Dans cette étude, nous cherchons à comprendre quel serait, à terme, le coût d'une alternative crédible à la voiture individuelle dans les zones périurbaines peu denses. Nous envisageons un territoire représentatif de la périphérie de Bourg-en-Bresse et nous imaginons plusieurs scénarios pour le desservir. Les solutions envisagées sont : une ligne de cars avec un bon niveau de service, une ligne de covoiturage avec deux solutions techniques différentes et une ligne de transport à la demande par minibus, éventuellement sans chauffeur dans un futur suffisamment lointain. Dans tous les cas, voyager sans voiture implique d'emprunter une 'ligne de transport alternatif'. Pour rejoindre cette ligne et finir le trajet en ville, il convient d'utiliser d'autres moyens, par exemple le vélo électrique, la marche ou les bus urbains. Au total nous avons estimé une cinquantaine de scénarios. Plusieurs résultats nous ont surpris.

Tout d'abord, le remplissage des cars plafonne à environ 50%, même dans les scénarios de très fort recul de la voiture. Malgré cela, le coût global d'un trajet en car est toujours moins cher que celui d'un trajet en voiture en solo. Évidemment il n'en va pas de même pour le contribuable qui supporte la moitié de la dépense dans le premier cas et rien dans l'autre.

Ensuite il nous faut remettre en cause une de nos propositions. Nous avons imaginé de développer le covoiturage dans un premier temps puis de mettre en place des cars aux heures pleines quand les passagers deviennent assez nombreux. Or cette combinaison de car-covoiturage n'est pas logique car s'il y a beaucoup de passagers aux heures pleines, il y a aussi beaucoup de conducteurs pour les prendre.

Une ligne de covoiturage coûte moins cher qu'une ligne de cars qui coûte elle-même beaucoup moins cher qu'une ligne de transport à la demande avec des minibus conduits par des chauffeurs. Cependant le covoiturage a un point faible : les conducteurs ne sont pas assez nombreux en bout de ligne aux heures creuses, si bien qu'il ne peut pas satisfaire une fraction de la demande (5 à 15%). Si on règle ce problème en complétant le covoiturage par du transport à la demande, alors le coût explose et la ligne de cars devient la solution la moins chère.

À long terme, les minibus sans chauffeur restent plus chers que le covoiturage. Mais si l'on peut combiner le covoiturage avec des minibus autonomes en bout de ligne aux heures creuses, alors cette formule redevient la plus efficace et la moins chère de toutes.

Finalement, l'étude n'aboutit pas à une conclusion très claire. Tout dépend de ce qui se passe concrètement en bout de ligne aux heures creuses. C'est un point qu'il faudrait approfondir en priorité pour obtenir des conclusions plus robustes. Nous allons donner une suite à cette étude pour traiter (entre autres) cette question.

Sommaire

Présentation	3
Le Collectif AutosBus	3
Cette étude.....	3
Les alternatives à la voiture en zone peu dense.....	3
Offrir un ‘bon’ niveau de service	4
Créer des ‘lignes’ plutôt qu’un service de porte à porte.....	5
Trouver des solutions pour les premiers et derniers kilomètres	5
Se déplacer à bon marché et faire de l’exercice	6
Les alternatives : autocar, covoiturage et transport à la demande	6
Un territoire modèle pour simuler les solutions alternatives	7
Les solutions alternatives pourraient avoir plus ou moins de succès	9
Une comparaison des coûts des quatre alternatives	10
Comparaison des alternatives sur un territoire modèle	11
Les lignes de cars	11
Le covoiturage instantané.....	14
Le covoiturage garanti.....	17
Le transport à la demande	19
Comparaison des quatre solutions	21
Combinaison de plusieurs solutions	23
Conclusions	25
Suite de l’étude.....	25
Références.....	26
Remerciements	27

Présentation

Le Collectif AutosBus

Le Collectif AutosBus (Collectif de réflexion sur le covoiturage périurbain) s'est constitué en 2013 dans la périphérie de Bourg-en-Bresse. Nous recherchons des alternatives à la voiture individuelle en zone périurbaine, telles que le covoiturage, l'autostop, l'autopartage et/ou les transports collectifs. Nous enquêtons sur les expériences innovantes et réalisons des tests pour comprendre ce qui marche, ce qui ne marche pas, et pourquoi. Nos réflexions sont suivies dans la durée et conduisent à des propositions ouvertement discutées.

Cette étude

Dans cette étude, nous cherchons à comprendre quel serait, à terme, le coût d'une alternative crédible à la voiture individuelle dans les zones périurbaines peu denses. Nous prenons en compte le coût des déplacements et la part supportée respectivement par l'utilisateur et le contribuable.

Cette étude comprend deux parties :

- Étude de quatre alternatives sur un 'territoire modèle' (ce document),
- Scénarios pour deux territoires réels de la périphérie de Bourg-en-Bresse (document à venir).

Cette étude s'appuie sur un travail précédent qui portait sur les transports collectifs dans la périphérie de Bourg (autosBus, 2015). Les données nouvelles ont été principalement collectées sur l'Internet. Nous avons également bénéficié d'idées, d'informations et de réactions très utiles grâce à une dizaine de personnes qui ont lu une version provisoire du travail (liste en annexe). Des remerciements particuliers sont dus aux animateurs du Réseau Écomobilité de la région Auvergne-Rhône-Alpes, au réseau Réunir qui regroupe 120 entreprises de transport de voyageurs en France¹, à l'entreprise de covoiturage Ecov et au bureau d'étude ADETEC.

Pour faciliter la lecture nous présentons nos sources, hypothèses et calculs dans un document séparé et accessible sur notre site². Nous aimerions que ces hypothèses et ces calculs puissent être vérifiés de façon approfondie par une personne indépendante, ce qui n'a pas été fait à ce jour. Nous recherchons à cette fin une collaboration avec toute équipe de recherche qui accepterait de s'investir sur le sujet.

Les alternatives à la voiture en zone peu dense

L'agglomération de Bourg-en-Bresse regroupe environ 60 000 habitants. Sa périphérie, dans un rayon de 30 km en compte environ le double. Sur l'ensemble de ce vaste territoire, près de 90% des kilomètres parcourus en voiture le sont par les habitants de la périphérie³. C'est donc là que se situe l'enjeu des alternatives à la voiture individuelle. La plus grande part des kilomètres parcourus par les périurbains concernent des déplacements radiaux, c'est-à-dire reliant la périphérie à l'agglomération. C'est donc là qu'il faudrait agir en priorité. Quelles alternatives peut-on imaginer pour ceux qui aimeraient se passer de leur voiture ? C'est l'objet des pages qui suivent.

¹ <http://www.reunir.org/un-reseau-pme>

² Version de base (.xlsx – 0,1Mo) :

<https://www.dropbox.com/s/iueq0e3po3keeh7/Territoire%20mod%C3%A8le%20170327%20public.xlsx?dl=0>
Version permettant la mise à jour automatique des graphiques (.xlsm – 0,2Mo) :

<https://www.dropbox.com/s/207cbjgixegz8fu/Territoire%20mod%C3%A8le%20170327%20public.xlsm?dl=0>

³ On ne considère ici que les déplacements locaux, c'est-à-dire inférieurs à 80 km

Offrir un ‘bon’ niveau de service

Commençons par les transports collectifs. Treize lignes rayonnent en étoile autour de Bourg (neuf lignes de car et quatre lignes TER). Leur fréquence moyenne est de 5 allers-retours par jour, ce qui est nettement insuffisant pour faire jeu égal avec la voiture individuelle. De fait, ces lignes n’arrivent à capter qu’environ 1% des déplacements des périurbains⁴.

Aujourd’hui, le meilleur service est offert sur la ligne TER Lyon-Bourg. Les quatre gares situées sur cette ligne à moins de 30 km de Bourg bénéficient d’un passage toutes les 30 minutes aux heures de pointe avec une desserte entre cinq heures du matin et dix heures du soir, soit une amplitude de 14 à 16 h selon les gares. Le nombre de passages est de 17 à 19 par jour et par sens en semaine.

D’autres lignes pourraient bénéficier à l’avenir d’une qualité de service similaire. En effet le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) affiche l’objectif de « mettre en place progressivement des transports collectifs très performants sur des lignes fortes centrées sur Bourg-en-Bresse ... et de rechercher [sur ces lignes] une desserte à la demi-heure aux heures de pointe ». La qualité de service de ces ‘lignes performantes’ rejoindrait alors celle de la ligne TER Lyon-Bourg. Nous nous appuyons sur cette convergence pour définir un ‘bon’ niveau de service comme suit :

- un passage toutes les demi-heures aux heures pleines (de 8h à 10h dans le sens périphérie > centre et 17h à 19h dans l’autre sens),
- un passage toutes les heures pendant le reste de la journée,
- une amplitude de 16h en semaine (de 6h à 22h dans le sens périphérie > centre et de 7h à 23h dans l’autre sens),
- ce qui correspond à une vingtaine de passages par jour et par sens en semaine.

Est-ce que ce ‘bon’ niveau de service offre une alternative crédible à la voiture individuelle ? Nous pensons que oui même s’il existe une norme beaucoup plus ambitieuse qualifiée de ‘haut’ niveau de service (voir Encadré 1). Nous devons préciser ici ce que nous entendons par alternative crédible. Il s’agit de permettre à une personne désirant se passer de voiture de réaliser la plupart des déplacements dont elle a besoin à un prix raisonnable et sans perdre trop de temps, quitte à utiliser la location ou l’autopartage en cas de besoin exceptionnel, comme le font déjà beaucoup de résidents des grandes villes. L’existence d’une alternative crédible permet d’éviter l’achat ou le remplacement d’une voiture, mais cela n’implique pas nécessairement un changement de comportement. En effet, nous avons expliqué par ailleurs (autosBus, 2016a) que l’adoption d’une option alternative est un processus en plusieurs étapes : il faut y trouver son intérêt, en avoir envie, faire le premier pas, construire ses solutions personnelles et installer de nouvelles habitudes. L’existence d’une bonne alternative n’est donc pas équivalente à son adoption.

Encadré 1 – Les bus à haut niveau de service

En s’inspirant de la démarche *Bus Rapid Transit* mise en œuvre au États-Unis, un groupe de travail français a défini le concept de Bus à Haut Niveau de Service (CERTU, 2005). Il peut s’agir d’un bus urbain ou d’un car périurbain. La fréquence de passage est d’au moins 10 min en heures pleines et de 15 min en heures creuses avec un temps de trajet garanti, une vitesse commerciale relativement proche de celle de la voiture, une amplitude horaire étendue et un système d’information de qualité annonçant entre autres le temps de parcours et l’attente en station.

Nous estimons qu’un tel niveau de service requiert 60 à 70 passages par jour et par sens en semaine et une amplitude horaire de 18h. Offrir un tel service est évidemment très onéreux et ce n’est pas envisageable aujourd’hui en zone périurbaine peu dense. On verra cependant (page 14) que l’on pourrait s’en approcher dans certains scénarios.

⁴ Hors transport scolaire

Créer des ‘lignes’ plutôt qu’un service de porte à porte

La voiture en solo assure un transport de porte à porte. Le taxi et le VTC⁵ aussi. Quant au covoiturage, il peut s’en approcher si les coéquipiers sont voisins et travaillent aux mêmes heures dans le même établissement. Ça se complique en zone périurbaine peu dense parce que les taxis et VTC sont chers (de l’ordre de 30 € pour un déplacement ville-périphérie) et parce qu’il est rare de réussir un covoiturage de porte à porte et encore plus de le faire durer (autosBus, 2014 ; Jaffe, 2015).

En zone périurbaine peu dense, nous pensons que les alternatives à la voiture doivent se construire sur des ‘lignes’ empruntant les routes d’accès à la ville et non pas sous forme de service de porte à porte. Nous envisageons des itinéraires stables jalonnés d’arrêts avec des abribus, des zones sécurisées pour la montée et la descente et des panneaux d’information. Aménager de bonnes lignes est une évidence pour les autocars mais nous verrons plus loin que cela vaut aussi pour les autres alternatives envisagées dans cette étude.

Les lignes que nous imaginons vont drainer les déplacements radiaux qui constituent la plus grande part de la mobilité locale des périurbains (50% en nombre de voyages et 65% en km parcourus). Les autres types de déplacements locaux correspondent aux trajets de proximité (moins de 4 km – 30 % des déplacements et 10% des km) et aux trajets transversaux (périphérie-périphérie – 20% des déplacements et 25% des km). Concernant les trajets de proximité, il est facile d’imaginer des alternatives à la voiture (marche, vélo, conduite groupées pour l’école et le sport, livraison des courses). Pour les trajets transversaux, la voiture est certainement plus difficile à remplacer.

Trouver des solutions pour les premiers et derniers kilomètres

Une ligne de car ou toute autre ligne de transport alternatif convient bien aux usagers dont la résidence et la destination se trouvent à proximité des arrêts, c’est-à-dire à une petite minorité des habitants du territoire. Comment faire pour la majorité ? Il faut pouvoir rejoindre la ligne (premiers kilomètres) et finir le déplacement en ville (derniers kilomètres). Dans la pratique actuelle (autocar et covoiturage), les premiers kilomètres sont le plus souvent faits au volant d’une voiture qui reste garée au point d’embarquement et la dernière partie du trajet se fait à pied. Nous pensons qu’il faut élargir les options. Pour les premiers kilomètres, le vélo électrique ou le vélo tout court sont de très bonnes solutions à condition que les arrêts de la ligne soient équipés d’abris sécurisés. L’autostop et le transport solidaire sont des solutions complémentaires. Pour la dernière partie du trajet en ville, les bus urbains sont une bonne solution à condition que les correspondances soient bien organisées. Le vélo est également une bonne formule si des consignes et/ou des vélos en libre service sont disponibles aux ‘portes’ de la ville.

Pour que le rabattement ne soit pas dissuasif, la durée totale du déplacement alternatif ne devrait pas dépasser d’un quart d’heure celle du trajet en voiture. Si l’on considère la périphérie éloignée, le trajet automobile typique dure 35 minutes (25 minutes sur la route et 10 minutes pour stationner et marcher jusqu’à destination). Le trajet alternatif ne devrait donc pas durer plus de 50 minutes, durée qui se décomposerait ainsi : 15 minutes pour les premiers kilomètres, 5 minutes pour l’embarquement, 20 minutes de trajet sur la ligne et 10 minutes pour la fin du trajet en ville⁶.

Si l’on dispose de quinze minutes pour faire les premiers kilomètres et rejoindre l’arrêt le plus proche, on peut parcourir 1 km à pied, 3 km à vélo et 5 km en vélo électrique. On voit que le vélo électrique élargit considérablement la zone desservie par chaque ligne. Avec des arrêts espacés de 3 km en moyenne et des cercles de 5 km tracés autour de ces arrêts, on peut desservir environ 80% du territoire de la périphérie de Bourg et 90% des habitants périurbains.

⁵⁵ Voiture de Transport avec Chauffeur, par exemple le service proposé dans les grandes villes par Uber ou Chauffeur Privé

⁶ On trouvera quelques observations sur les chaînes de mobilité dans un récent document de l’ADEME http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/infographies_par_service-services_velos_ademe.pdf

Se déplacer à bon marché et faire de l'exercice

Pour accepter de perdre un quart d'heure sur chaque trajet, il faut des compensations. Nous en voyons trois⁷. La première et de loin la plus importante est d'utiliser une seule voiture par famille au lieu des deux que possèdent les ménages périurbains en majorité. L'économie annuelle se compte en milliers d'euros. Un second avantage tient au prix du trajet. Nous imaginons un tarif attractif en prenant comme référence l'abonnement de travail TER⁸ qui coûte environ 0,05 €/km et dont la moitié est obligatoirement prise en charge par l'employeur si l'utilisateur est salarié⁹. Dans ce dernier cas, une personne résidant à 20 km du centre a une charge nette de 0,5 € par déplacement et 280 € par an¹⁰ contre 6,8 € et 3800 € dans le cas de la voiture en solo. L'économie est considérable mais la plupart des conducteurs n'en ont pas conscience car ils se focalisent sur le prix du carburant, qui représente tout de même près de 1000 € par an. Une troisième compensation se trouve du côté de la santé car les premiers et derniers kilomètres vont généralement se faire à pied et/ou à vélo, ce qui peut constituer l'exercice physique quotidien qui fait défaut à tant de gens. De ce point de vue, l'alternative à la voiture individuelle pourrait presque relever de la prescription médicale !

Les alternatives : autocar, covoiturage et transport à la demande

Nous envisageons quatre formules pour les lignes de transport alternatif. Ces solutions sont décrites en détail aux pages 11 et suivantes. Elles sont brièvement présentées ici :

- Lignes d'**autocars** performantes comme celles qui sont envisagées dans le SCoT (voir ci-dessus).
- Lignes de **covoiturage instantané**
Il s'agit d'un covoiturage sans rendez-vous et sans horaire garanti. Les passagers attendent les conducteurs aux arrêts. Des dispositifs numériques permettent d'informer les passagers sur les temps d'attente, de sécuriser la relation entre covoitureurs et d'effectuer le paiement. On verra plus loin que la qualité du service pourrait être excellente dans certains scénarios.
- Lignes de **covoiturage garanti**
Dans ce système, les automobilistes s'engagent, moyennant compensation, à garantir l'horaire de leur passage sur la ligne. Des dispositifs numériques permettent d'informer les passagers, de réserver une place jusqu'à la dernière minute et de payer le trajet.
- Lignes de **transport à la demande**
C'est une formule qui ressemble à une ligne de car à horaires fixes mais la desserte est assurée par des minibus à condition qu'au moins une réservation ait été faite à l'avance. Le service est fourni directement par un opérateur de transport collectif ou conventionné avec un privé (taxi ou VTC). À terme, une variante avec voiture autonome est envisageable.

Toutes ces solutions sont plus ou moins futuristes, même la première dans la mesure où l'on ne trouve pas aujourd'hui de lignes de car réellement performantes en zone périurbaine peu dense. Nous nous situons donc délibérément dans une réflexion à long terme, de l'ordre d'une vingtaine d'année. À une telle échéance, les facteurs sociaux et techniques sont les plus déterminants. Ce sont eux que nous étudions ici. À cette même échéance on peut penser que le contexte juridique et administratif aura évolué en faveur des nouvelles formes de mobilité. Nous n'en faisons donc pas une contrainte.

⁷ Nous n'évoquons pas ici les restrictions à la circulation et au stationnement des véhicules automobiles qui vont nécessairement être apportées dans les années futures.

⁸ Ce tarif peut être encore divisé par deux si l'employeur participe à la dépense.

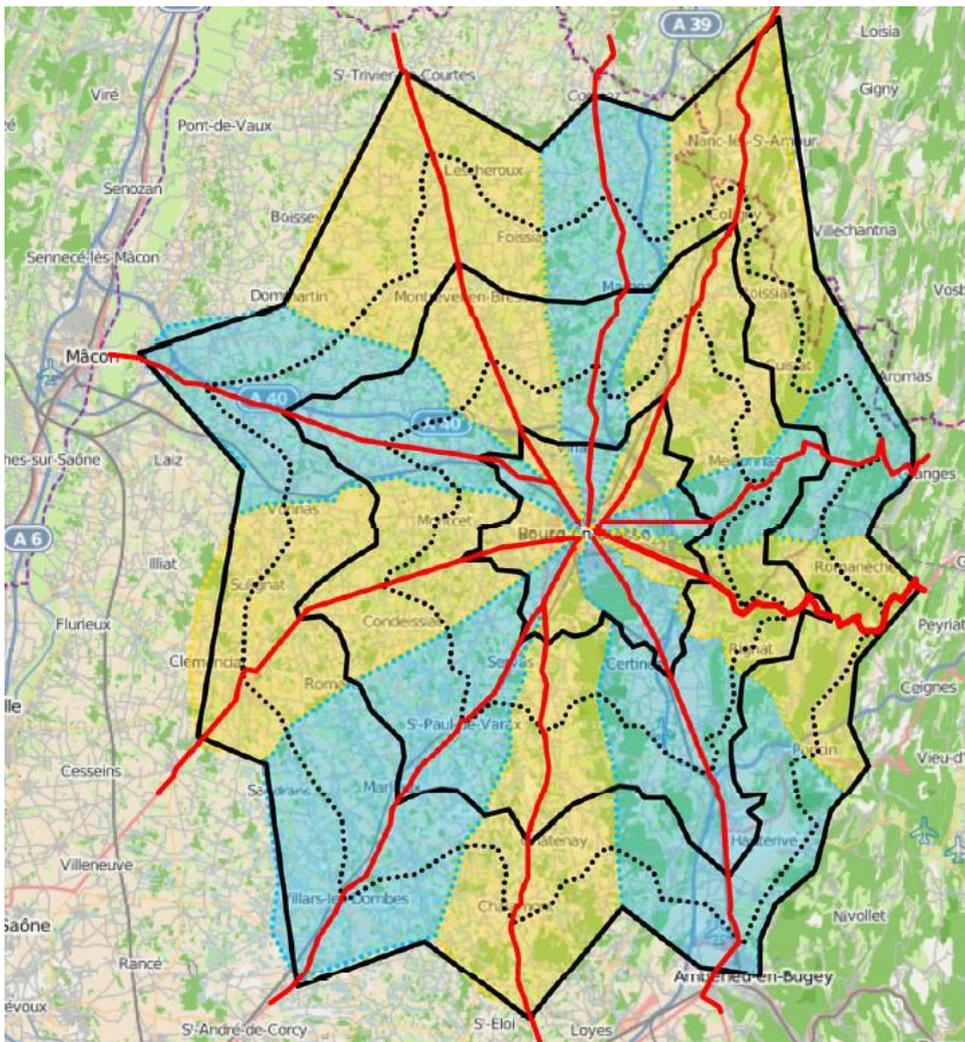
⁹ Voir <http://travail-emploi.gouv.fr/droit-du-travail/remuneration-et-participation-financiere/remuneration/article/la-prise-en-charge-des-frais-de-transport-par-l-employeur>

¹⁰ Sur la base de 280 allers-retours par an

Un territoire modèle pour simuler les solutions alternatives

Parcourir un kilomètre avec une voiture moyenne revient entre 0,3 et 0,4 €. Le prix d'un trajet en minibus assuré par un taxi ou un VTC s'élève à 1,5 ou 2 €/ km. En ce qui concerne les cars, le kilomètre utile revient à 2 ou 3 €. Est-ce que ces chiffres permettent de faire des comparaisons entre modes de transport ? Évidemment non car d'autres questions jouent un rôle essentiel. Quel est le taux de remplissage des cars ou des minibus ? Est-ce que les véhicules roulent suffisamment pour bien amortir leur prix d'achat ? Combien d'automobilistes sont volontaires pour faire du covoiturage ? Combien sont prêts à garantir leurs horaires ? Combien faut-il de véhicules pour satisfaire la demande ? ... et beaucoup d'autres questions encore.

Figure 1 – Routes d'accès, temps de trajet et secteurs desservis en périphérie de Bourg



Étant bien incapables d'apporter des réponses justifiées à toutes ces questions, nous choisissons de construire des scénarios reposant sur des réponses multiples¹¹. Pour commencer, nous définissons un 'territoire modèle' typique de la zone périurbaine de Bourg. La Figure 1 ci-dessus présente une carte¹² des principales routes d'accès à la ville centre. Les surfaces bleues et jaunes représentent les secteurs

¹¹ On trouvera une approche très semblable chez Ray (2014) dans une étude qui estime la qualité de service apportée par le covoiturage en fonction de la proportion des conducteurs qui jouent le jeu

¹² Une version électronique de cette carte est accessible à l'adresse suivante :

http://umap.openstreetmap.fr/fr/map/bourg-axes-periurbains_96478#10/46.2468/5.2350

desservis par chacune de ces routes. Sur cette carte apparaissent en noir les courbes d'égal temps de trajet en voiture vers le centre ville (isochrones 10, 15, 20, 25 et 30 minutes). Nous nous intéressons à la couronne des 10-30 minutes autour du centre ville.

Voici les caractéristiques¹³ d'un secteur moyen :

- Temps d'accès au centre ville : 10 et 30 minutes,
- Distance au centre : 8 et 30 km,
- Superficie : 245 km²,
- Densité : 60 habitants / km²,
- Population : environ 15 000 habitants.

Dans plusieurs de nos enquêtes sur l'écomobilité en zone peu dense, nous avons observé des distances et des densités de population du même ordre (40 h/km² à Brive, Toulouse/Moissac et St Lo – 90 h/km² à Romans¹⁴). Nous nous appuyons sur ces convergences pour définir le 'territoire modèle' qui va nous permettre de comparer les différents modes de transport. Voici les caractéristiques de ce territoire : il est situé de part et d'autre d'une route d'accès à la ville, à une distance comprise entre 10 et 30 km du centre. Sa superficie est de 250 km². Nous ferons varier la densité de population entre 40 et 100 h/km², soit une population de 10 000 à 25 000 habitants. Nous admettons que chaque habitant fait en moyenne 2,6 déplacements par jour (hors transports scolaires)¹⁵. Les déplacements radiaux représentent 45% des déplacements totaux. La longueur moyenne d'un déplacement radial est de 19 km. Nous considérons qu'aujourd'hui tous ces déplacements sont effectués en voiture mais que les conducteurs transportent un passager une fois sur cinq, principalement en covoiturage familial, ce qui correspond à une occupation moyenne de 1,2 personne par véhicule. La circulation générée par le territoire sur la route d'accès à la ville est de 10 000 à 24 000 véhicules / jour selon l'hypothèse faite sur la densité de population. À cela s'ajoute la circulation de transit que nous négligeons dans nos simulations. Nous négligeons aussi les passagers actuels des lignes de transport collectif car à ce jour elles captent une très faible partie des déplacements non-scolaires.

Nous découpons la ligne qui dessert le territoire modèle en quatre sections de 5 km chacune. Le Tableau 1 montre comment la population et les déplacements se répartissent entre ces quatre sections dans le cas d'une densité moyenne de 60 h/km².

Tableau 1 – La densité et les déplacements vers la ville diminuent quand on s'éloigne du centre

Section		hors territoire	A	B	C	D	Total
longueur section	km	10	5	5	5	5	30
surface desservie	km ²		39	55	70	86	250
densité	h/km ²		83	70	58	45	
population	h		3253	3851	4049	3848	15000
déplacements totaux	n/j		8458	10011	10527	10004	39000
déplacements radiaux	n/j		5014	5022	4320	3193	17550

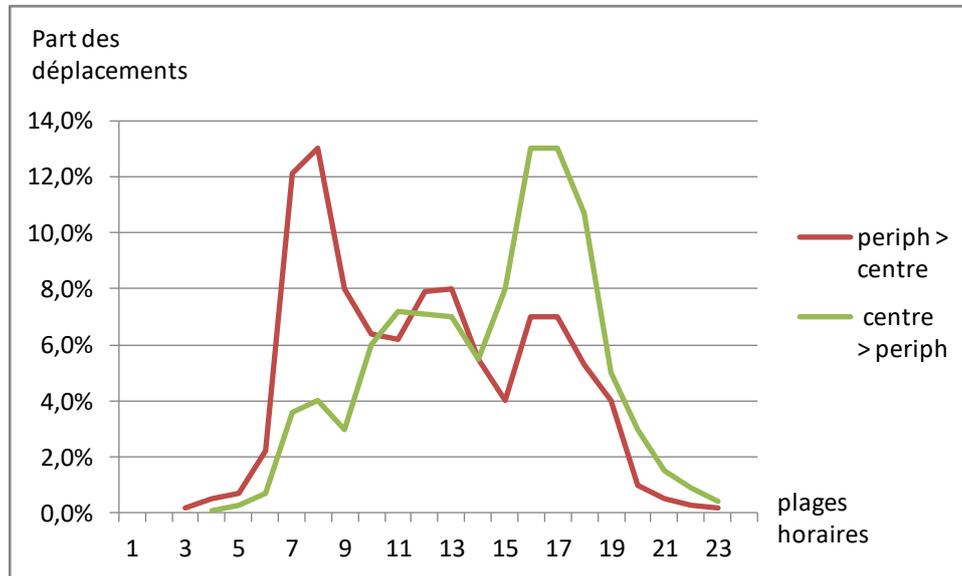
¹³ Ces estimations approximatives ont été obtenues avec le site <http://www.owlapps.net/application-geomarketing>

¹⁴ Voir nos études à l'adresse suivante : <https://www.autosbus.org/etudes>

¹⁵ Nous déduisons ce chiffre de l'étude sur « l'amélioration des dessertes en transports collectifs du bassin de Bourg-en-Bresse » réalisée par la société TTK en 2013. Le chiffre inclut seulement les déplacements à l'intérieur du bassin de Bourg et exclut les transports scolaires. Le nombre total de déplacement serait plutôt de l'ordre de 3,5 / j / h.

La Figure 2 montre comment nous avons estimé la répartition de la circulation au cours de la journée. Naturellement, la répartition des heures pleines et des heures creuses s'inverse selon que l'on considère les déplacements dans le sens périphérie>centre ou dans l'autre sens¹⁶.

Figure 2 – Répartition horaire des déplacements



Les solutions alternatives pourraient avoir plus ou moins de succès

Il est impossible de faire une hypothèse raisonnée sur l'adoption des alternatives à la voiture. On trouvera dans les exemples qui suivent matière à justifier toutes sortes de scénarios, depuis les plus prudents jusqu'aux plus ambitieux :

- À Aix en Provence, un programme incitatif a visé 300 volontaires dans deux quartiers situés à 10-15 km du centre. Les deux tiers des volontaires ont testé une alternative à la voiture et une dizaine de personnes ont adopté cette alternative. Si l'on considère que le programme s'adressait à des volontaires, le résultat est plutôt maigre (quelques pourcent) et devrait inciter à faire des hypothèses prudentes¹⁷.
- On peut faire des hypothèses beaucoup plus ambitieuses si l'on se réfère au lointain exemple de Seattle, la ville américaine championne de la réduction du trafic automobile. Là bas, la proportion des conducteurs en solo a baissé de 9% en dix ans¹⁸. Dans un des hôpitaux de la ville, cette proportion a baissé de 35% en vingt ans¹⁹. À la Fondation Gates, également située dans cette ville, un 'programme choc' a fait baisser la proportion de 46% en un an²⁰.
- Près de Thiers, une enquête réalisée dans 21 entreprises du Parc naturel régional du Livradois Forez a montré que 35 % des salariés se déclarent prêts à faire du covoiturage.
- A Copenhague, on observe que pour la première fois en 2016, la majorité des personnes entrant dans le centre de la ville sont des cyclistes (plus de 50% !)²¹.

¹⁶ Source CERTU, 2011, p57 (répartition 2 sens). Notre estimation (répartition par sens)

¹⁷ Voir <http://www.environnement-magazine.fr/article/45366-ambassadeurs-de-mobilite-premier-bilan-de-l-experimentation/>

¹⁸ Voir <http://www.seattlebikeblog.com/2016/09/15/census-driving-alone-to-work-in-seattle-hits-new-low-many-more-women-biking-to-work/>

¹⁹ Voir <http://mobilitylab.org/2016/08/31/drive-less-earn-new-bike-employer-tdm/>

²⁰ Voir <http://mobilitylab.org/2016/05/23/gates-foundation-building-tdm/>

²¹ Voir <https://www.fastcoexist.com/3065696/copenhagen-now-has-more-bike-use-than-car-use>

- À Barcelone, une politique très volontariste a permis d'augmenter en dix ans les déplacements à pied de 10 % et les déplacements à vélo de 30 % tandis que la circulation automobile a diminué de 26 %²².

Pour établir nos scénarios, nous faisons diminuer la proportion des conducteurs de 5% en 5% jusqu'à ce qu'elle approche des 50%, autant de personnes qui deviendront alors passagers des modes alternatifs mais autant de conducteurs en moins pour les embarquer. À ces nouveaux passagers s'ajoutent ceux qui covoiturent déjà aujourd'hui (17 % des déplacements radiaux) et qui font principalement du covoiturage familial.

Une comparaison des coûts des quatre alternatives

Dans ce document, nous examinons les quatre solutions alternatives présentées ci-dessus et nous explorons de multiples scénarios. À chaque fois, nous estimons un coût de déplacement en € par kilomètre et par passager. Dans le cas des autocars et du transport à la demande, le coût est celui que l'autorité publique paie à l'opérateur qui fait rouler les cars ou les minibus. Cette dépense comprend l'amortissement des véhicules. Dans le cas du covoiturage, le coût est celui qui revient au conducteur pour acheter, entretenir et faire rouler sa voiture. Dans tous les cas, nous distinguons la part du coût à la charge du passager et du contribuable. Dans le cas des cars et des minibus, le contribuable paie la différence entre le coût du service et la recette commerciale. Dans le cas du covoiturage, il paie des primes incitant les conducteurs à jouer le jeu, primes que nous décrivons plus loin (p 14 et 17). Dans le cas du covoiturage nous estimons aussi la part du coût restant à la charge du conducteur. Sauf exception, nous ne cherchons pas à comparer le coût des alternatives avec celui de la voiture en solo.

Le Tableau 2 résume les coûts que nous comparons et ceux que nous ne chiffrons pas, à savoir le coût d'aménagement de la ligne, celui des dispositifs numériques nécessaires au bon fonctionnement des différentes solutions et celui du fonctionnement de l'autorité organisatrice de la mobilité. En effet nous supposons que ces dépenses restent similaires quelle que soit la solution alternative retenue. Examinons plus précisément les deux premiers points.

L'aménagement des lignes et des rabattements nécessite des investissements publics pour créer des arrêts sécurisés, des abris à vélo et des pistes cyclables. Nous ne jugeons pas nécessaire de chiffrer ces investissements puisque toutes les alternatives envisagées nécessitent des lignes, des arrêts et des rabattements. Quant à comparer les investissements nécessaires à la voiture et aux lignes de transport alternatif, il suffit de penser que la population périurbaine de Bourg est supposée augmenter de 1% par an dans les vingt prochaines années, ce qui en l'absence d'alternative fera croître la circulation automobile d'au moins 15 000 véhicules par jour alors que le réseau routier est déjà saturé aux heures pleines. Adapter la capacité des routes engendrerait des dépenses sans commune mesure avec le coût de l'aménagement des lignes qui est envisagé ici²³.

Les quatre alternatives envisagées font appel à des dispositifs numériques remplissant différentes fonctions, par exemple annoncer le passage des prochains véhicules, réserver des places dans le cas du covoiturage garanti ou commander un trajet dans le cas du transport à la demande. Ces dispositifs sont plus ou moins innovants et plus ou moins compliqués selon les solutions concernées. Nous sommes incapables d'en estimer le coût de façon comparative, notamment parce que les certaines solutions sont en cours de développement à l'initiative de start-ups et que les plus chanceuses d'entre elles pourraient éventuellement faire monter les prix si elles parvenaient à obtenir un monopole. C'est ainsi que Waze (une filiale de Google) envisage de prélever 0,05 € / km / passager pour la mise en relation des covoitureurs²⁴, ce qui équivaut au prix d'un abonnement de train ! Cependant nous pensons que la

²² Voir http://www.citylab.com/commute/2017/01/barcelonas-car-taming-superblocks-meet-resistance/513911/?utm_source=nl_link5_012317

²³ Dans une étude de 2015, l'Agence d'Urbanisme Sud Bourgogne estime que les dépenses de transport des administrations publiques sont affectées à la route pour plus de 50% en ce qui concerne le fonctionnement et pour plus de 80% en ce qui concerne l'investissement.

²⁴ <https://www.wsj.com/articles/googles-waze-plans-expansion-of-ride-sharing-service-1487768582>

mobilité quotidienne en zone peu dense ne sera jamais assez rentable pour faire prospérer un équivalent d'Uber ou de Blablacar (autosBus, 2016b ; Viennet, 2017). Nous imaginons au contraire que les dispositifs numériques seront conventionnés par un opérateur public et financés par le contribuable. La formule idéale serait probablement celle des logiciels libres (*open source*) car elle permet d'accélérer l'innovation et de limiter les coûts²⁵. Nous tablons donc sur des coûts modestes et assez similaires selon les solutions adoptées.

Tableau 2 – Les coûts que nous comparons et ceux que nous ne comparons pas

	Autocar	Covoiturage instantané	Covoiturage garanti	Transport à la demande
Ce que nous comparons : coût de la délivrance du service, y.c. amortissement des véhicules et sa répartition entre ...				
... passager	X	X	X	X
... conducteur		X	X	
... contribuable	X	X	X	X
Ce que nous ne comparons pas :				
coût d'aménagement de la ligne et des rabattements	/			
coût des dispositifs numériques	/			
coût de l'organisation de la mobilité	/			

Comparaison des alternatives sur un territoire modèle

Dans les pages qui suivent, nous simulons successivement le fonctionnement et le coût des quatre alternatives dans le territoire modèle défini plus haut. Ensuite nous examinons comment ces différentes alternatives peuvent se comparer et se combiner.

Les lignes de cars

Pour estimer le coût d'une bonne desserte par car, nous faisons les hypothèses et raisonnements suivants :

- La ligne assure au minimum un 'bon service' sur toute sa longueur, c'est-à-dire un passage par heure de 6h à 22h dans le sens périphérie > ville et de 7h à à 23h dans l'autre sens. La fréquence est doublée aux heures pleines (deux heures pleines le matin dans un sens et le soir dans l'autre sens).
- Des passages supplémentaires sont ajoutés à certaines heures dès que le nombre d'usagers le justifie, sachant qu'un car peut transporter 45 personnes (50 places avec une marge de sécurité de 10%). Ces cars supplémentaires parcourent les sections les plus chargées et pas nécessairement toute la ligne jusqu'à son extrémité.
- Les règles ci-dessus permettent d'estimer le nombre de kilomètres utiles²⁶ parcourus chaque jour de semaine et au total dans l'année²⁷.

²⁵ Voir une présentation de ce modèle d'innovation à l'adresse suivante :

<http://lafabriquedesmobilites.fr/articles/la-fabrique/apres-les-licornes-une-autre-voie/>

²⁶ Non compris les kilomètres parcourus à vide ou 'haut le pied' dont nous estimons la proportion à environ 30%

²⁷ Pour prendre en compte les week-ends, les vacances et les jours fériés, on considère que le service est assuré

- Nous pouvons aussi estimer le nombre de kilomètres parcourus aux heures pleines (environ 25%), c'est-à-dire par des véhicules qui roulent la moitié de la journée seulement et dont l'amortissement est plus onéreux.
- On admet que la vitesse moyenne d'un car est de 40 km/h²⁸, ce qui permet d'estimer le temps total de conduite des chauffeurs et donc l'effectif nécessaire.
- Nous nous appuyons sur deux sources publiques²⁹ et des contacts avec cinq professionnels pour estimer à 2,36 € le coût moyen d'un kilomètre utile. Le Tableau 3 montre la décomposition de ce coût par poste selon que le car circule toute la journée ou seulement aux heures pleines.
- Nous admettons que chaque passager paie en moyenne 0,05 € / km sous forme d'abonnement et que le contribuable paie le reste du coût. Par ailleurs, s'agissant d'une ligne de 'transport en commun' au sens du Code du travail, le passager salarié bénéficie d'une prise en charge de la moitié du coût par son employeur.

Le Tableau 3 montre que nous estimons le coût d'un car entre 2,18 et 2,85 € par kilomètre utile avec une moyenne de 2,36³⁰. Les informations que nous avons recueillies par ailleurs aboutissent à une fourchette de prix très large (entre 1,8 et 3€). Nous pensons que les variations de prix s'expliquent par les facteurs suivants : vitesse moyenne sur la ligne, niveau des salaires et des prix immobiliers sur le territoire, localisation du dépôt plus ou moins proche de la ligne, niveau de confort et d'équipement des cars. Nous remercions beaucoup ceux qui nous ont aidés à faire une estimation prenant en compte ces facteurs dans notre territoire modèle.

Tableau 3 – Le coût d'un autocar et sa décomposition

Estimation de coût	unité	pour un car circulant		moyenne
		toute la journée	heures pleines seulement	
		74%	26%	100%
Gazole	€/km	0,47	0,54	0,49
Salaires chauffeurs et charges	€/km	0,60	0,69	0,62
Entretien	€/km	0,18	0,18	0,18
Amortissement	€/km	0,21	0,49	0,28
Frais fixes et marge	€/km	0,53	0,69	0,57
Coût total HT	€/km	1,98	2,59	2,14
Coût total TTC	€/km	2,18	2,85	2,36

La Figure 3 présente les résultats d'une première série de simulations. Nous avons admis que le territoire modèle avait une densité de 60 h/km² et nous avons fait varier la part des déplacements en car de 5% à 35% (transfert modal). Nous en déduisons le nombre de passagers sur la ligne (entre 1000 et 7000 par jour) ainsi que toutes les conséquences qui en découlent : nombre de places à offrir, nombre de cars, remplissage des cars, coût du service, prix payé par les usagers et coût restant à la charge du contribuable.

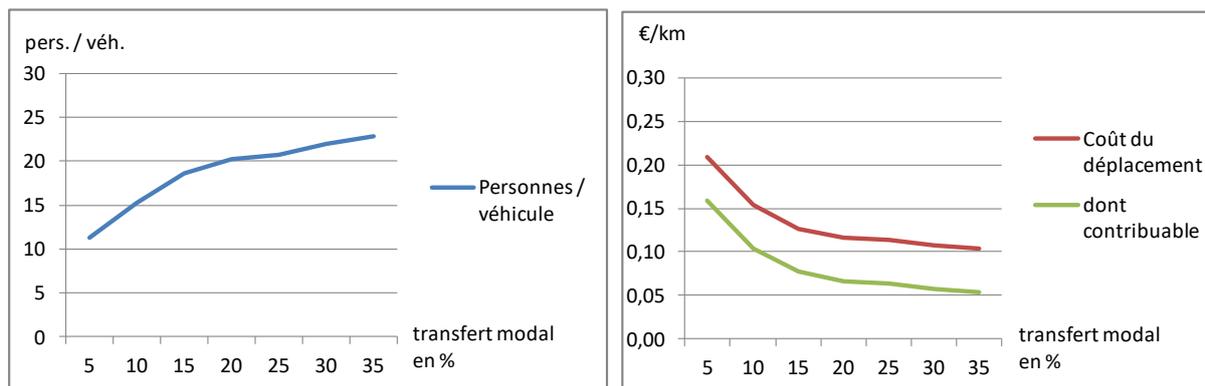
303 jours par an.

²⁸ Y compris les temps passés aux arrêts et la partie urbaine du trajet. Information déduite des fiches horaires des cars du département de l'Ain en périphérie de Bourg

²⁹ <http://www.voyagescolairesecurite.org/economie.php>
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED145.pdf>

³⁰ Nous retenons le coût TTC, option qu'il convient de choisir si nous supposons que les lignes sont exploitées sous forme de marchés. Tous les autres éléments de coût évoqués dans cette étude sont également considérés comme TTC.

Figure 3 – Coût d'un voyage en car en fonction des déplacements captés



Lorsque la ligne de car capte 5 à 10% des déplacements (partie gauche des courbes), le remplissage des véhicules est faible (de l'ordre de 15 personnes par car) et le coût du voyage est élevé (entre 0,15 à 0,20 € par passager et par km). Cela vient de ce qu'il faut offrir une vingtaine d'allers-retours par jour alors que la clientèle est insuffisante pour rentabiliser un tel niveau de service. On voit cependant que le remplissage augmente rapidement et que le coût diminue vite quand le nombre d'utilisateurs augmente. Les estimations se stabilisent à environ 25 personnes par véhicule et 0,10 € par km et par passager dont la moitié à la charge du contribuable. À noter que le coût d'un déplacement en car est toujours inférieur à celui de la voiture³¹, que nous estimons à 0,34 € par km pour un conducteur seul³².

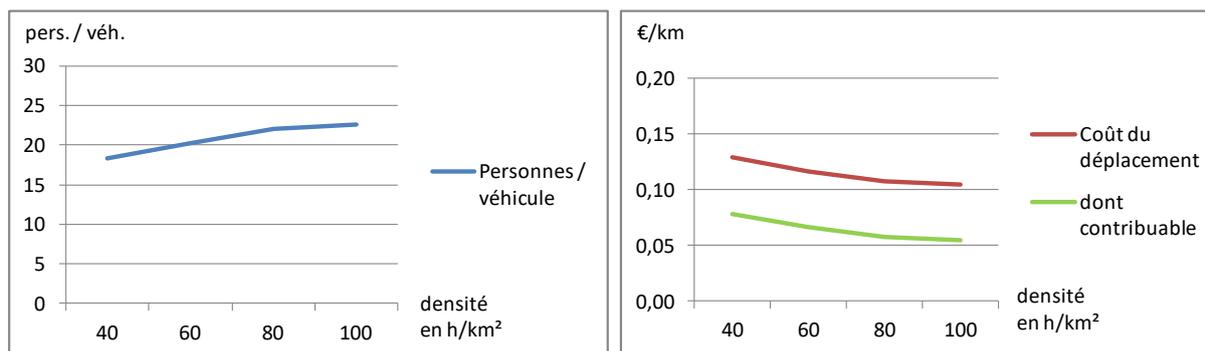
Le remplissage des cars plafonne à 25 passagers par véhicule, c'est-à-dire à environ la moitié de leur capacité, ce qui est très nettement au-dessus des taux habituels (entre 15 et 30%). Comment s'expliquent nos résultats. S'ils correspondent aux taux de remplissage habituels dans la partie gauche des courbes de la Figure 3, ils s'améliorent nettement en allant vers la droite parce que nos scénarios de fréquentation deviennent très supérieurs à ce qui s'observe aujourd'hui. Mais pourquoi le remplissage plafonne-t-il à 50% ? D'abord parce que les déplacements ne sont pas équilibrés. Comme le montre la Figure 2 les heures pleines du matin comptent beaucoup de passagers allant vers la ville et peu dans l'autre sens, et inversement le soir. Les places offertes en car sont adaptées au sens le plus chargé mais le remplissage est forcément moins bon au retour, lorsque les véhicules bouclent leur rotation. Une seconde explication tient au fait que les passagers montent et descendent tout au long de la ligne alors que le car en parcourt toute la longueur. Le nombre de 'places x km' offertes est donc mécaniquement supérieur au nombre de 'passagers x km'.

La Figure 4 montre les résultats d'une autre série de simulations. On suppose maintenant que les cars captent 20 % des déplacements radiaux du territoire et on fait varier la densité de population entre 40 et 100 h/km². On voit que le remplissage augmente légèrement avec densité sans toutefois dépasser la moitié de la capacité des cars. En parallèle, le coût du déplacement diminue de 0,13 à 0,11 € par passager et par km et la part incombant au contribuable diminue de 62% à 54%.

³¹ L'idée que la car est moins cher que la voiture, même en zone peu dense semble confirmée par une étude américaine (NCTR, 2014, p45) qui estime les coûts et avantages du car en \$/voyageur et qui montre que les avantages dépassent les coûts d'une dizaine de pourcent, même en zone rurale.

³² Source : ADETEC, 2012. Le chiffre date de 2012, mais il a très peu évolué depuis, la hausse de certains frais (réparations, assurance) ayant plus ou moins compensé la baisse des prix des carburants.

Figure 4 – Coût d'un voyage en car en fonction de la densité de population



Un résultat intéressant apparaît quand on estime la fréquence des passages. Au minimum, il y a un passage toutes les 30 minutes aux heures pleines car c'est la contrainte que nous nous sommes donnée pour assurer une 'bonne' qualité de service. Cependant la qualité peut devenir bien meilleure. En effet l'intervalle entre les passages descend sous les 10 minutes lorsque la ligne parvient à capter 35% des déplacements et que la densité de population est de 60 h/km². On rejoint alors la norme du 'haut' niveau de service (voir Encadré 1). Cette norme n'est donc pas inatteignable en zone peu dense.

Pour conclure, nous dirons que les lignes de car peuvent devenir une alternative crédible et que leur service coûte globalement moins cher que la voiture en solo. Cependant le coût de la voiture est supporté à 100% par le conducteur, souvent de bon cœur, alors celui du car est supporté à plus de la moitié par le contribuable, toujours à contrecœur. Ces conclusions valent pour tous les scénarios examinés.

Le covoiturage instantané

Nous imaginons la ligne de covoiturage instantané³³ en nous inspirant d'expériences pilotes telles que Covoit'ici, Ouïhop et Taxito (autosBus, 2016b). Le fonctionnement est le suivant :

- Le covoiturage s'effectue le long de la route d'accès à la ville centre. Les conducteurs embarquent les passagers qui attendent aux arrêts, comme pour les transports collectifs.
- Il n'y a pas de rendez-vous pris à l'avance ni d'horaire garanti.
- Le service est considéré comme bon si l'attente moyenne est de 5 minutes maximum. Dans ces conditions, nous avons observé que l'attente ne dure jamais plus de 15 minutes³⁴. Pour que le service soit bon, ce critère devrait être satisfait de 6h à 22h pour les trajets vers la ville centre et de 7h à 23h dans l'autre sens. Il devrait également être satisfait jusqu'à l'extrémité de la ligne.
- Le conducteur peut embarquer trois passagers au maximum.
- La vitesse moyenne est de 60 km/h.
- Des dispositifs numériques permettent d'annoncer les prochains passages et les temps d'attente, de sécuriser la relation entre covoitureurs et d'effectuer le paiement.
- Le coût du véhicule est de 0,34 € /km à la charge du conducteur.
- Le passager paie 0,05 €/km et cette somme revient au conducteur.
- Pour chaque voyage avec au moins un passager, le conducteur reçoit une prime de 0,05 €/km, par exemple sous forme des facilités de stationnement en ville³⁵. Cette prime est à la charge du contribuable. Elle suppose une évolution réglementaire car dans la définition actuelle du covoiturage, le partage des frais se fait au sein de l'équipage.

³³ On trouvera un bon plaidoyer pour cette solution chez Delaunay et al. (2017)

³⁴ Ces hypothèses correspondent à nos propres expériences en périphérie de Bourg.

³⁵ Une formule similaire est testée par STMMicroelectronics à Grenoble :

<http://transportsdufutur.ademe.fr/2017/01/indemnité-kilométrique-covoiturage.html>

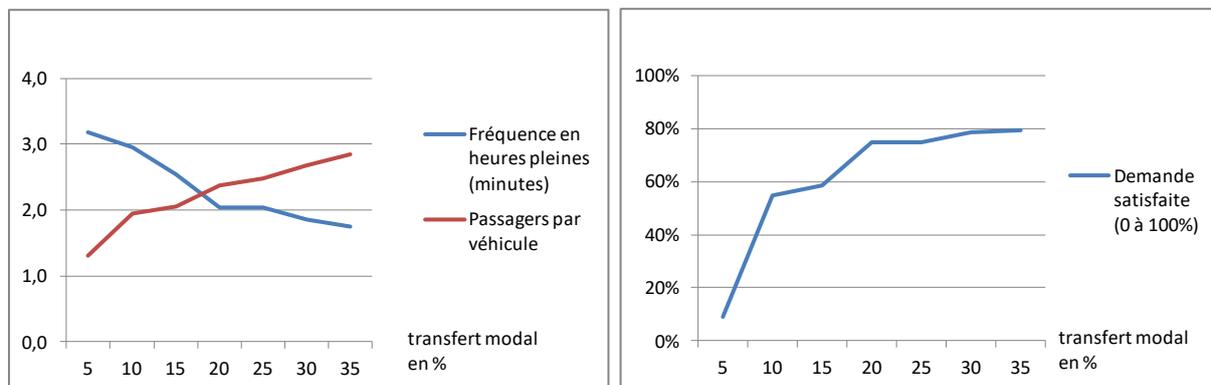
- En comptant un à trois passagers plus la prime évoquée ci-dessus, le conducteur perçoit entre 0,10 à 0,20 € par kilomètre (soit 60 à 120 €/mois pour deux trajets par jour), ce qui reste un partage de frais et qui respecte la définition fiscale du covoiturage.
- Nous imaginons que le passager paie sa participation sous forme d'abonnement, qu'il est considéré comme utilisant un 'transport en commun' au sens du Code du travail et qu'il bénéficie donc, s'il est salarié, d'une prise en charge de la moitié du coût par son employeur. Ceci suppose également une évolution de la réglementation.

À supposer que cette formule soit faisable, combien de 'covoitureurs-conducteurs' seraient-ils prêts à s'inscrire et à embarquer les passagers attendant aux arrêts ? Il nous faudrait ici une boule de cristal car nous n'avons quasiment aucune référence pour estimer cette proportion, à part les éléments qui suivent :

- Nos tests en périphérie de Bourg montrent que la proportion des conducteurs qui s'arrêtent pour prendre des autostoppeurs varie de 3% (axe de grande circulation) à 51% (route de voisinage). À noter que ces résultats sont obtenus alors qu'il n'y a pas de partage de frais, pas de prime incitative, pas d'arrêts aménagés et pas de sécurisation des covoitureurs.
- Des tests effectués en Italie montrent que lorsque les automobilistes se familiarisent avec l'autostop sur un itinéraire donné, la proportion des conducteurs qui s'arrêtent est multipliée par deux³⁶.

La Figure 5 montre les résultats d'une série de simulations dans lesquelles la densité de population est de 60 h/km² (celle de la périphérie de Bourg) et la proportion des conducteurs prêts à covoiturer varie entre 5 et 35%. Nous faisons varier la part des déplacements réalisés comme covoitureurs-passagers dans la même fourchette de 5 à 35% et nous admettons que les deux proportions changent en même temps, c'est-à-dire que les conducteurs et les passagers se convertissent au covoiturage au même rythme³⁷.

Figure 5 – Qualité du covoiturage instantané en fonction des déplacements captés



Les simulations montrent que l'attente moyenne est toujours inférieure à 5 minutes, durée que nous avons fixée comme un maximum au-delà duquel le service n'est pas considéré comme assuré. En

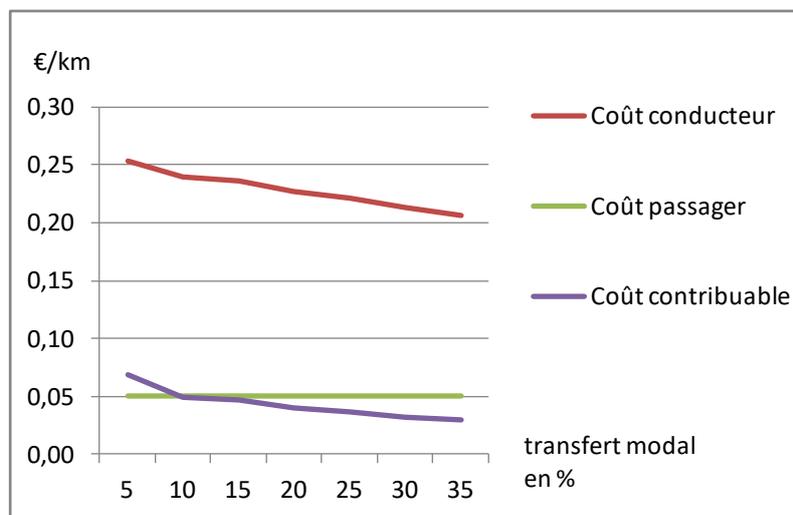
³⁶ Ce constat a été établi lors de tests effectués dans la périphérie de Trento (Italie) voir <https://www.autosbus.org/sites/default/files/Trento141129.pdf>

³⁷ C'est ce qui s'est produit lors de l'expérimentation du système Karos menée en Ile de France de juillet à décembre 2016. Dans ce cadre, les détenteurs du Pass Navigo pouvaient covoiturer gratuitement via l'application. Les utilisateurs réguliers sont passés de 2.000 à 10.000 en six mois. Le nombre de passagers et de conducteurs s'est accru de façon équilibrée. <http://www.mobilicites.com/011-5847-La-combinaison-gagnante-du-court-voiturage-et-du-transport-public.html>

heure pleine et dans les bons scénarios, un conducteur volontaire passe toutes les deux minutes. À ce stade, la qualité de service est excellente et le covoiturage fait jeu égal avec un car à ‘haut’ niveau de service. Cependant le graphique de droite révèle la faiblesse du covoiturage, à savoir qu’il ne satisfait pas la totalité de la demande. Même dans les meilleurs scénarios, environ 20% des passagers vont attendre plus de 5 minutes, ce que nous considérons comme dissuasif. Cela arrive évidemment en bout de ligne et aux heures creuses quand il n’y a pas assez de conducteurs sur la route.

Lorsque le service est assuré, alors les coûts sont très avantageux comme le montre la Figure 6. La charge du conducteur tombe à 0,25 puis à 0,20 € / km, soit une économie de 50% par rapport à la conduite en solo. Le passager paie 0,05 €/km comme dans toutes nos simulations. Quant à la charge du contribuable, correspondant à la prime incitative pour les conducteurs, elle varie entre 0,06 et 0,03 € par passager et par km, soit moins que pour un usager du car, et beaucoup moins que pour le passager d’un car mal rempli.

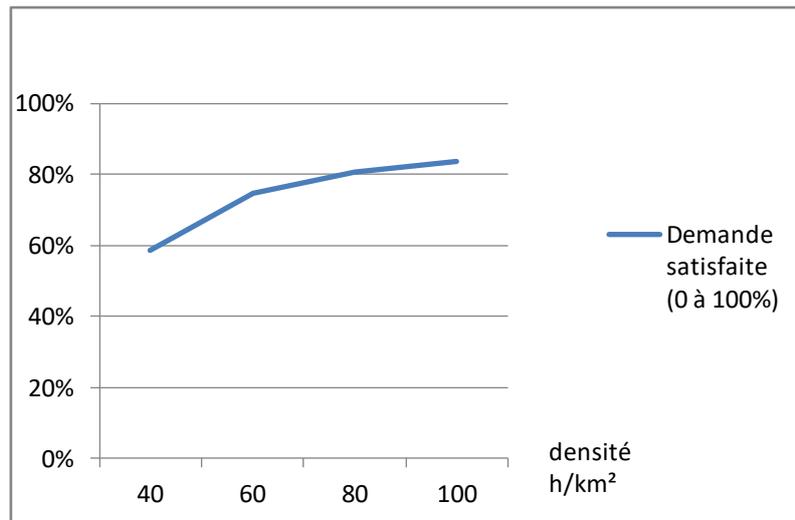
Figure 6 – Coût du covoiturage instantané en fonction des déplacements captés



Dans la Figure 7 nous faisons varier la densité de population tandis que la pratique du covoiturage est considérée comme moyennement installée : 20% des automobilistes sont covoitureurs-conducteurs et 20% des déplacements sont effectués en tant que covoitureur-passager. Si la densité de population est très faible (40 h/km²) il manque beaucoup de conducteurs en bout de ligne aux heures creuses. Même si la densité atteint 100 h/km² la demande n’est satisfaite qu’à 85%.

Pour conclure, nous dirons qu’une ligne de covoiturage instantané peut devenir une alternative crédible à la voiture si la densité de population n’est pas trop faible et si environ 20% des conducteurs et des passagers jouent le jeu. Dans ces conditions, cette solution est très avantageuse pour le contribuable, même si une incitation financière est offerte aux conducteurs. Cependant cette formule ne parvient pas à offrir un bon niveau de service en bout de ligne aux heures les plus creuses.

Figure 7 – Qualité du covoiturage instantané en fonction de la densité de population



Le covoiturage garanti

Nous imaginons le covoiturage garanti en extrapolant l'expérience de Fleetme (voir : Encadré 2). Le fonctionnement est le suivant :

- Le covoiturage s'effectue le long de la route d'accès à la ville centre. Les conducteurs embarquent les passagers qui attendent aux arrêts, comme pour les transports collectifs et le covoiturage instantané.
- Les conducteurs proposent de parcourir la ligne à des jours et à des heures annoncées à l'avance. Ils ne proposent que des trajets qu'ils vont faire pour leur propre compte mais ils peuvent adapter à la marge leurs horaires et/ou leur itinéraire.
- Le système accepte ou refuse les propositions en fonction de la desserte à assurer (303 jours par an de 6h à 23h) et d'une estimation du nombre de passagers sur la ligne au jour et à l'heure proposée.
- Pour permettre de transporter tous les passagers, le système accepte un nombre de trajets plus élevé que la demande moyenne prévue. La marge de sécurité est de 10%.
- Les heures de passage sont annoncées et garanties, Le service est considéré comme bon s'il y a au moins un passage garanti dans chaque sens toutes les heures et deux aux heures pleines.
- Le système permet aux passagers de réserver leur place.
- Le conducteur peut embarquer quatre passagers au maximum.
- La vitesse moyenne est de 60 km/h.
- Des dispositifs numériques permettent de proposer et d'accepter les trajets, d'annoncer les prochains passages, de réserver des places, de sécuriser la relation entre covoitureurs et d'effectuer le paiement.
- Le coût du véhicule est de 0,40 € /km. Ce montant est relativement élevé car on suppose que les conducteurs sont incités à rouler dans des voitures plus grandes.
- Pour chaque voyage accepté, le conducteur reçoit une indemnité moyenne de 0,35 € / km. Cette indemnité est modulée en fonction des besoins - elle est plus importante si le conducteur garantit un passage en heure creuse ou s'il voyage en heure pleine avec un véhicule de grande capacité ou s'il circule sur l'extrémité de la ligne. L'indemnité est payée en partie par les passagers à raison de 0,05 €/km/personne, le complément étant à la charge du contribuable (éventuellement la totalité si aucun passager n'a été embarqué). En moyenne, il reste au conducteur une charge de 0,05 €/km, ce qui respecte le principe du partage de frais. Cependant, l'incitation offerte aux conducteurs devrait probablement être plus élevée en bout de ligne aux heures creuses et on sortirait alors de la définition réglementaire du covoiturage.

On s'écarte aussi de la définition actuelle du covoiturage qui prévoit un partage des frais au sein de l'équipage. La formule que nous imaginons ici requiert donc plusieurs évolutions réglementaires.

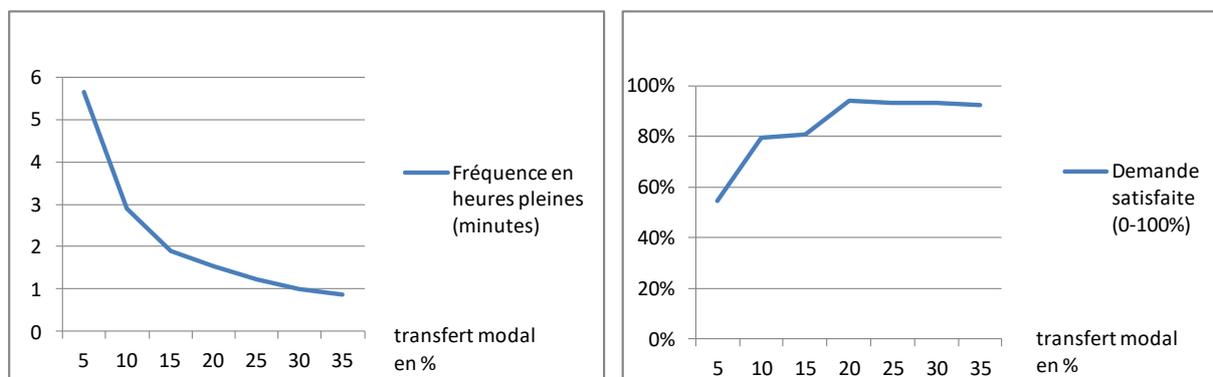
- Nous imaginons enfin que le passager paie sa participation sous forme d'abonnement, qu'il est considéré comme utilisant un 'transport en commun' au sens du Code du travail et qu'il bénéficie donc, s'il est salarié, d'une prise en charge de la moitié du coût par son employeur. Ceci suppose à nouveau une évolution de la réglementation.

Encadré 2 – Fleetme : des lignes de covoiturage à horaires garantis

Le système Fleetme a été déployé pour la première fois à Beauvais à la rentrée 2016 sous le nom d'Oscar, puis dans la foulée à Avignon sous le nom de Popcar et à Auxerre. Il sera bientôt testé à Grenoble sous une forme améliorée (printemps 2017). Il s'agit encore d'une expérience pilote. La formule est destinée à être proposée aux collectivités et aux opérateurs de transport pour compléter, remplacer ou créer des lignes à coût réduit. Chaque ligne est tracée de façon à minimiser les rabattements. Les arrêts sont placés à intervalles réguliers et les horaires sont fixés en fonction du trafic routier et de la demande potentielle des covoitureurs. Le conducteur est indemnisé pour chaque trajet effectué à l'heure prévue, même s'il n'embarque aucun passager. L'indemnité varie entre 50 centimes par trajet à Auxerre à 2 euros à Avignon. Grâce à l'indemnité, il a été possible de recruter suffisamment de conducteurs : près de quarante à Avignon et une cinquantaine à Auxerre. Le prix payé par le passager est aligné sur le prix des transports publics. Ainsi, si le ticket de bus est à 2 euros, le ticket de covoiturage, payé par le passager, est également de 2 euros dont une partie (environ 20 centimes du kilomètre) est reversée au conducteur en plus de l'indemnité. Une application permet de programmer les trajets, de consulter les horaires et de réserver des places jusqu'au dernier moment. Le passager se rend à l'arrêt et visualise sur son téléphone l'approche des véhicules. À l'embarquement, il utilise à nouveau son téléphone³⁸ pour valider son titre de transport (Viennet, 2017).

À supposer que notre solution de covoiturage garanti soit faisable, combien d'automobilistes seraient-ils prêts à s'engager sur des horaires de passage fixes ? En se référant à l'expérience de Fleetme, il semble qu'une prime suffisamment incitative soit efficace. Dans nos scénarios, nous faisons varier cette proportion entre 4 et 25%. En parallèle, la part des déplacements réalisés comme covoitureur-passager varie de 5 à 35%. La densité de population est celle de la périphérie de Bourg c'est à dire de 60 h/km². La Figure 8 présente les résultats de ces simulations en ce qui concerne la qualité du service.

Figure 8 – Qualité du covoiturage garanti en fonction des déplacements captés



³⁸ Il 'flashe un QRCode' apposé sur le pare-soleil du véhicule

Les simulations montrent que les trajets proposés par les conducteurs sont acceptés dans une proportion très variable (de 50 à 100% selon les heures et les sections). L'intervalle moyen entre les passages décroît progressivement de 6 à 1 minutes. Il est toujours meilleur que dans la formule 'ligne de car' et il finit par faire jeu égal avec un car à 'haut niveau de service'. Cependant, comme pour le covoiturage instantané, le système ne parvient pas à satisfaire toute la demande. Même dans les meilleurs scénarios, environ 5% des passagers situés en bout de ligne n'auront pas un passage toutes les heures en heures creuses.

En ce qui concerne les coûts, le système que nous imaginons est stable. Les passagers paient 0,05 €/km comme dans toutes les autres formules proposées. Le conducteur est indemnisé de la majeure partie de sa dépense et il ne lui reste que 0,05 €/km à payer en moyenne. On pourrait penser que l'indemnité à la charge du contribuable fluctue mais ce n'est pas le cas. En effet, nous avons supposé que les trajets proposés par les conducteurs sont acceptés ou refusés en fonction du nombre probable de passagers. Il s'ensuit que le remplissage moyen des véhicules est constamment important (près de 5 personnes y compris le conducteur) et que l'indemnité payée par le contribuable est à la fois stable et faible (0,04 € par passager et par km).

Le transport à la demande

Nous imaginons le transport à la demande selon des modalités qui s'inspirent des lignes DECLIC de Chalon-sur-Saône³⁹ :

- La ligne est desservie par des minibus qui passent à heures fixes à condition qu'un passager en ait fait la demande au moins deux heures à l'avance.
- Sous cette réserve, les horaires correspondent à un 'bon niveau de service', soit au moins un passage par heure de 6h à 22h dans le sens périphérie - ville et de 7h à 23h dans l'autre sens avec une fréquence double aux heures pleines et un service 303 jours par an.
- Des rotations supplémentaires sont ajoutées à certaines heures sur certaines sections dès que le nombre d'usagers le justifie. Comme pour les cars, le nombre de rotations est déterminé par la demande de déplacements dans le sens le plus chargé.
- Le service est géré par l'opérateur des transports collectifs et éventuellement confié à des taxis ou des VTC conventionnés.
- La vitesse moyenne est de 60 km/h comme pour le covoiturage.
- Un minibus peut transporter jusqu'à sept passagers (8 places avec une marge de sécurité de 10%).
- Nous estimons que le coût moyen d'un kilomètre utile est de 1,5 € TTC, ce qui n'est pas cher par rapport à une course en taxi mais nous prenons en compte le fait que les kilomètres sont également 'utiles' sur le trajet de retour.
- Nous admettons que chaque passager paie en moyenne 0,05 € / km sous forme d'abonnement et que le contribuable paie le reste du coût. Par ailleurs, s'agissant d'une ligne de 'transport en commun' au sens du Code du travail, le passager salarié bénéficie d'une prise en charge de la moitié du coût par son employeur.

Dans l'Encadré 3, nous présentons un système différent mais pourtant pas très éloigné, qui semble être en train de se développer aux États-Unis.

³⁹ <https://www.buszoom.com/fr/transport-sur-reservation-decllic/34>

Encadré 3 – Des partenariats entre transport collectif et VTC aux États-Unis

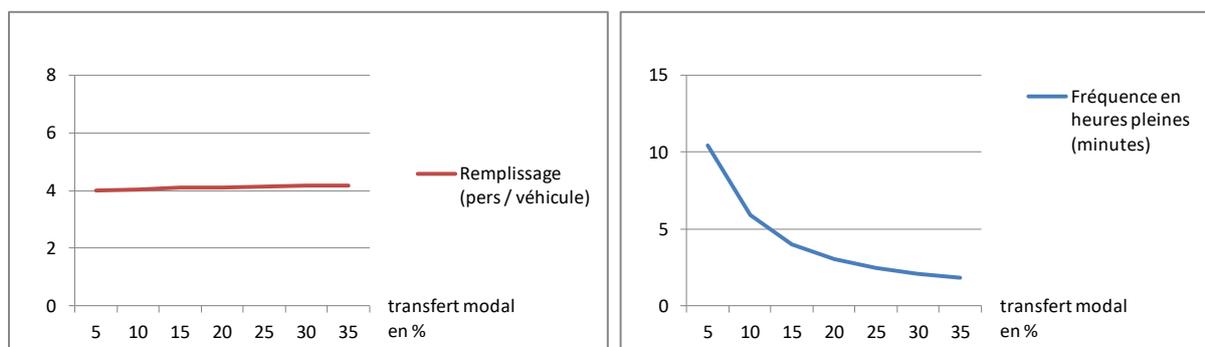
Fin 2014 à Tampa en Floride, les habitants ont rejeté par referendum le financement d'un plan d'amélioration des transports collectifs. L'autorité organisatrice, contrainte à économiser, a décidé de fermer une partie de ses cinquante lignes. Les résidents de Pinellas Park, un territoire périphérique plutôt aisé, se sont plaint de voir disparaître leur ligne de minibus. Les autorités ont alors lancé une expérience pilote de transport à la demande par VTC en partenariat avec Uber. L'expérience porte sur deux des lignes fermées. Pour utiliser le réseau de transport collectif, les usagers s'adressent à Uber, embarquent aux arrêts de l'ancienne ligne et sont conduits jusqu'à l'arrêt de bus le plus proche. La collectivité paie la moitié du prix de la course dans la limite de 3 \$ (2,8 €) par trajet. L'expérience porte sur deux anciennes lignes et va coûter 38 000 € par an, soit un quart du coût des deux anciennes lignes. L'expérience pilote et le partenariat s'appliquent aussi à d'autres lignes sur lesquelles les personnes à faible revenu peuvent emprunter gratuitement un VTC après l'heure de passage du dernier car (21 h).

Un partenariat similaire a été établi en périphérie de Denver (Colorado) avec Lyft, le principal concurrent d'Uber aux États-Unis. Lyft est en pourparlers avec plusieurs dizaines d'autorités locales pour d'autres partenariats de ce type.

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-08-15/uber-and-lyft-want-to-replace-public-buses>

Nous réalisons une série de simulations dans lesquelles la proportion des déplacements réalisés en transport à la demande varie entre 5 et 35% tandis que la densité de population est de 60 h/km². Les résultats (Figure 9) montrent qu'en heures pleines, les passages deviennent vite assez fréquents (jusqu'à un passage toutes les deux minutes). Avec une telle fréquence, les passagers se passer de réserver le service à l'avance. Cela reste cependant nécessaire aux heures creuses.

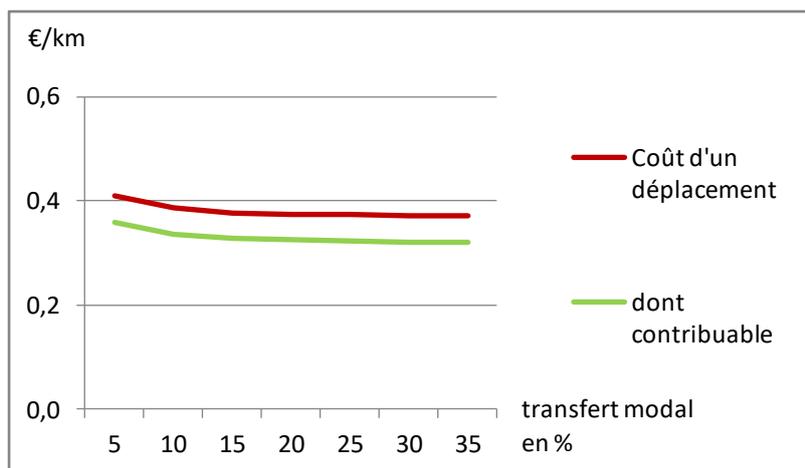
Figure 9 – Qualité du transport à la demande en fonction des déplacements captés



Ligne desservie par des minibus avec chauffeur

Le coût moyen d'un déplacement est de l'ordre de 0,40 € par passager et par km, soit plus que si ce passager conduisait sa propre voiture en solo. L'alternative à la voiture n'est donc pas économiquement avantageuse, d'autant que l'essentiel de la charge revient au contribuable (environ 85%).

Figure 10 – Coût du transport à la demande en fonction des déplacements captés



Ligne desservie par des minibus avec chauffeur

La conclusion changerait si le transport à la demande pouvait être effectué avec des minibus autonomes (Arcadis, 2017). Dans ce cas nous estimons que le coût du véhicule serait divisé par trois⁴⁰ et le coût du déplacement tomberait entre 0,14 et 0,12 € par passager et par km, à comparer avec une fourchette de 0,20 à 0,10 € dans le cas d'une ligne de car. En particulier, la souplesse des minibus autonomes leur permettrait d'assurer plus facilement un 'bon niveau de service' en cas de faible demande (gauche de la courbe). Quant à la charge restant au contribuable, elle serait d'environ 60%, soit à peu près la même proportion que pour les cars.

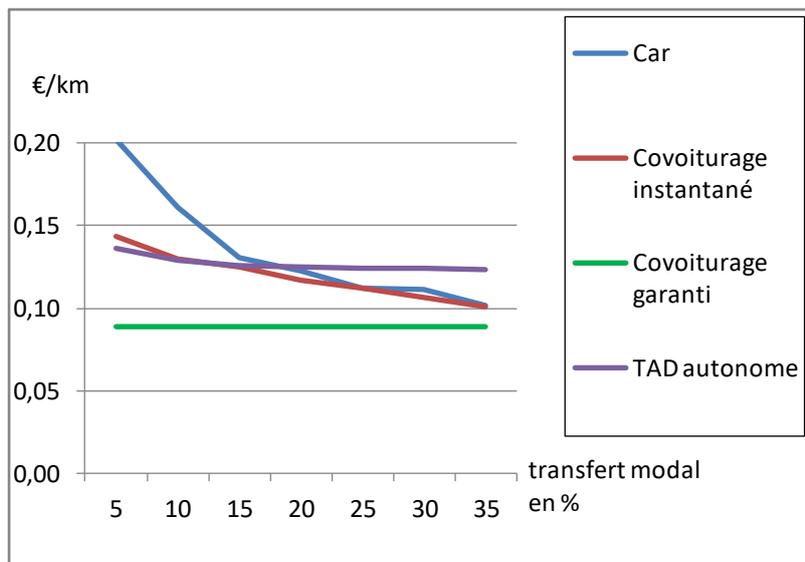
Comparaison des quatre solutions

Dans la Figure 11, nous comparons le coût moyen d'un déplacement utilisant les différentes alternatives à la voiture individuelle sauf le transport à la demande avec chauffeur qui est vraiment trop cher. La densité de population est de 60 h/km². Les solutions alternatives captent entre 5 et 35% des déplacements radiaux du territoire modèle et les conducteurs se convertissent au covoiturage au même rythme que les passagers.

Le graphique montre que toutes les alternatives sont moins chères que la voiture individuelle. À partir du moment où 10% des habitants optent pour une alternative à leur voiture les quatre solutions ont un coût de l'ordre de l'ordre de 0,10 € par voyageur et par km.

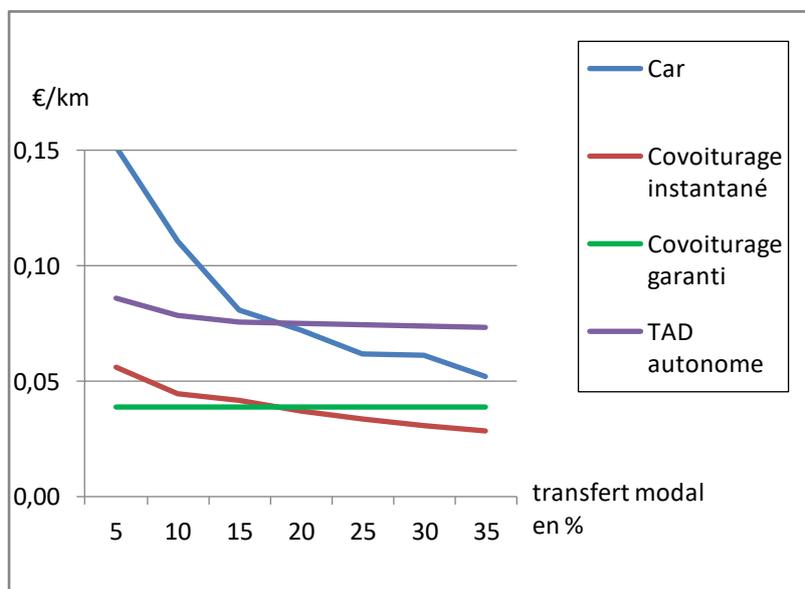
⁴⁰ Ce qui revient à dire que le coût du chauffeur représente les 2/3 du coût actuel et qu'à terme, un véhicule autonome ne coûtera pas plus cher en achat et fonctionnement qu'un minibus d'aujourd'hui.

Figure 11 – Coût au km en fonction des déplacements captés : quatre alternatives



Dans la Figure 12 nous comparons le coût restant à la charge du contribuable. Les scénarios sont les mêmes que précédemment et les résultats se stabilisent également dans la partie droite des courbes. Les formules de covoiturage sont comparativement moins coûteuses en argent public, surtout dans la partie gauche des courbes, quand les alternatives sont encore peu répandues.

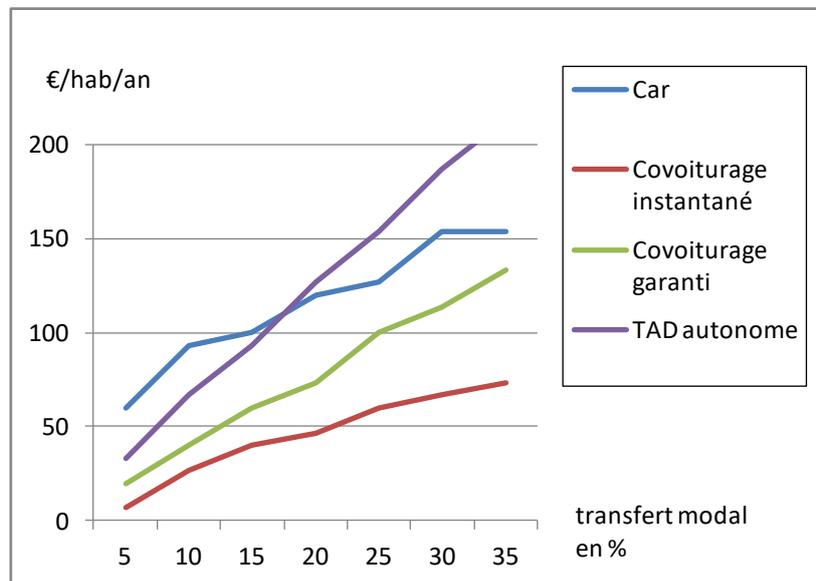
Figure 12 – Coût au km pour le contribuable en fonction des déplacements captés : quatre alternatives



La Figure 13 présente les mêmes résultats mais exprimés cette fois en dépense publique par an et par habitant. Plus les alternatives à la voiture ont de succès, plus elles coûtent cher au contribuable, ce qui se voit dans la forme des courbes qui montent toutes dans leur partie droite. Globalement cette dépense publique est très largement compensée par les économies faites sur les véhicules individuels, et bien plus encore si l'on tient compte des avantages en termes de santé, d'encombrements et de pollution. On sait toutefois que la dépense publique est contrainte et pas nécessairement logique. Il est donc important de la minimiser. Dans nos scénarios une ligne de covoiturage coûte toujours moins cher au contribuable qu'une ligne de cars et beaucoup moins cher s'il s'agit de covoiturage instantané.

L'arrivée des véhicules autonomes ne modifie pas cette conclusion, qui ne change pas non plus quand la densité de population varie entre 40 et 100 h/km².

Figure 13 – Coût annuel pour le contribuable en fonction des déplacements captés : quatre alternatives



À ce stade, nos conclusions semblent pencher nettement en faveur du covoiturage mais ce n'est pas si simple. En effet, si le covoiturage apparaît comme moins cher, il n'assure pas un bon service en heures creuses en bout de ligne. Nous allons chercher à savoir, dans la section suivante, s'il est possible de combiner plusieurs solutions pour offrir une bonne alternative pour tous et à moindre coût.

Le coût du transport à la demande avec des minibus autonomes donne également lieu à une conclusion intéressante qui mérite certainement d'être discutée. Ce coût est en effet similaire à celui des lignes de car et supérieur à celui du covoiturage. Au moins en ce qui concerne notre territoire modèle, cette étude met en doute sur l'idée que « l'émergence du véhicule autonome va totalement bouleverser la mobilité pendulaire⁴¹ ».

Combinaison de plusieurs solutions

Nous envisageons maintenant l'idée de desservir en transport à la demande les arrêts et les créneaux horaires pour lesquels il n'y a pas assez de covoitureurs conducteurs. Comme on l'a vu plus haut, cela représente typiquement entre 5 et 20% de la demande, beaucoup plus dans les scénarios défavorables. Nous imaginons qu'aux heures creuses et en bout de ligne, des minibus transportent les passagers jusqu'en ville le matin et les ramènent depuis la ville le soir. Nous supposons d'abord que ce transport complémentaire est assuré par des minibus avec chauffeurs.

Les figures qui suivent comparent la dépense publique en € par an et par habitant pour une bonne desserte avec des cars et pour nos deux formules de covoiturage complétées par du transport à la demande. Dans la Figure 14 la densité de population est de 60 h/km et la ligne alternative capte entre 5 et 35% des déplacements. Dans la Figure 15 la ligne capte 20% des déplacements et la densité varie entre 40 et 100 h/km².

Les simulations montrent que l'autocar est la formule qui coûte le moins au contribuable, suivie du covoiturage garanti puis du covoiturage instantané. Il est donc trop onéreux de compléter avec des minibus les services que le covoiturage peine à satisfaire en bout de ligne aux heures creuses, tout au

⁴¹ http://www.emerton.co/app/uploads/2017/03/Emerton_Mobility_Commute_Carpooling_April_2017.pdf

moins s'il s'agit de minibus avec chauffeurs. Il en irait différemment si l'on pouvait utiliser des minibus autonomes. Dans ce dernier cas, le classement s'inverserait et les formules les moins chères pour le contribuable seraient dans l'ordre : covoiturage instantané, covoiturage garanti et autocars.

Figure 14 - Coût annuel pour le contribuable en fonction des déplacements captés : alternatives combinées

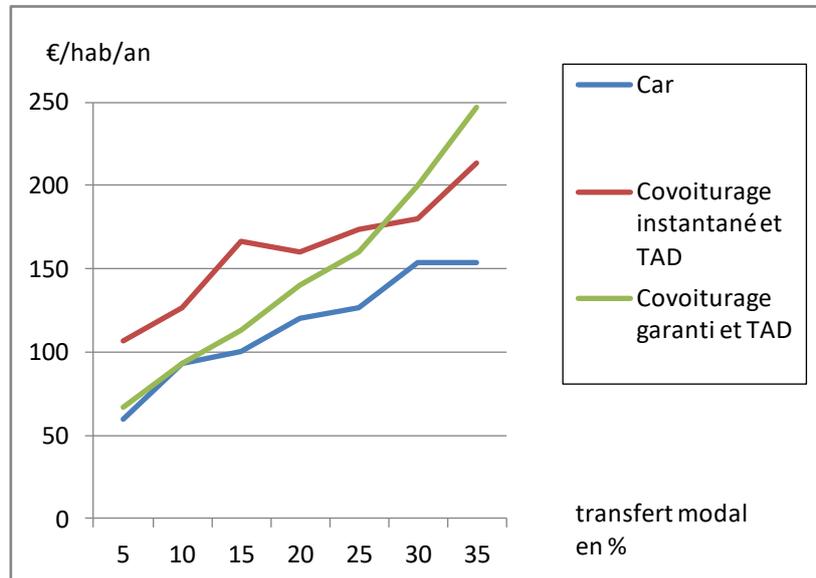
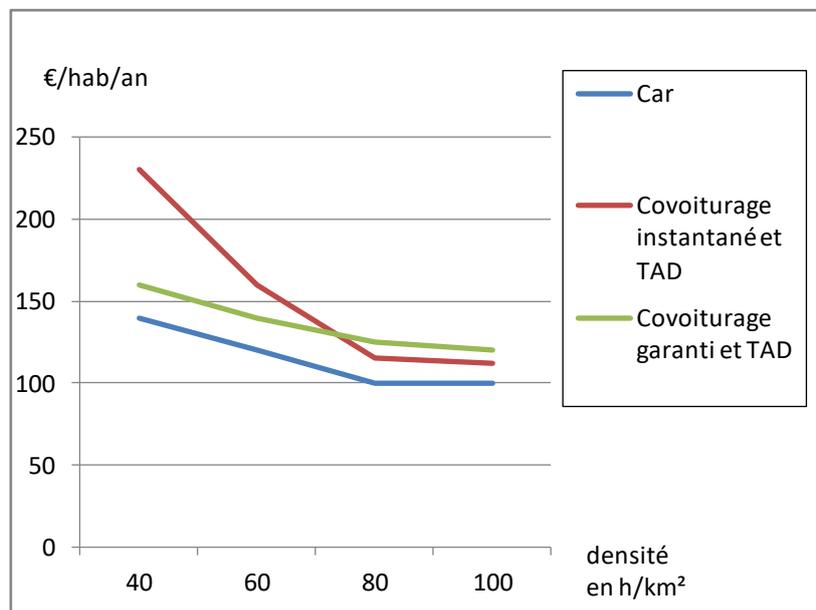


Figure 15 – Coût annuel pour le contribuable en fonction de la densité : alternatives combinées



À ce stade, il apparaît que le choix d'une formule alternative n'est pas tellement dicté par la densité de population ou la proportion des habitants que l'on espère convertir, mais plutôt par la possibilité de satisfaire la demande en bout de lignes aux heures creuses à un coût raisonnable. C'est un mérite de cette étude de l'avoir montré, mais c'est aussi sa limite. En effet, seuls des travaux plus fins et moins abstraits permettraient de bien cerner ce problème. Nous espérons pouvoir le traiter un peu mieux dans la seconde partie de cette étude qui sera réalisée dans quelques mois.

Avant de résumer nos conclusions, il convient de rappeler certaines des hypothèses que nous avons faites et qui nous semblent avoir une influence très sensibles sur les résultats. Ainsi nous avons supposé que :

- Les usagers peuvent accepter d'allonger leur temps de trajet de 15 minutes comparativement à un trajet de porte à porte en voiture.
- Il est possible de recruter des conducteurs volontaires dans une proportion à peu près similaire à celle des habitants qui acceptent de devenir passagers.
- Il est possible d'intégrer les solutions de covoiturage que nous imaginons dans une sorte de service public de mobilité.
- Les lignes de transport alternatif sont bien aménagées avec des arrêts sécurisés et des itinéraires de rabattement prévus pour les cyclistes.
- Les dispositifs numériques nécessaires aux différentes solutions alternatives ont un coût comparable et modeste.
- Environ 75% des déplacements radiaux se font dans le sens le plus chargé et environ 25% se font aux heures de pointe.

Conclusions

Cette première partie de l'étude conduit à quelques conclusions, dont beaucoup sont des surprises, en tout cas pour nous :

- Le remplissage des cars plafonne à environ 50%, même dans les meilleurs scénarios de transfert depuis la voiture et il en va de même des minibus.
- Globalement, le coût d'un trajet en car est toujours moins cher que celui d'un trajet en voiture individuelle mais il n'en va pas de même pour le contribuable qui supporte au moins la moitié de la dépense dans un cas et rien dans l'autre.
- Nous avons imaginé de développer le covoiturage dans un premiers temps puis de mettre en place des cars aux heures pleines quand les passagers deviennent assez nombreux. Or cette combinaison de car-covoiturage n'est pas logique car s'il y a beaucoup de passagers aux heures pleines, il y a aussi beaucoup de conducteurs pour les prendre.
- Une ligne de covoiturage coûte moins cher qu'une ligne de cars qui coûte elle-même beaucoup moins cher qu'une ligne de transport à la demande avec des minibus. Cependant le covoiturage a un point faible : les conducteurs ne sont pas assez nombreux en bout de lignes aux heures creuses pour assurer un bon service à 100% des usagers. Si on règle ce problème en complétant le covoiturage par du transport à la demande, alors c'est la ligne de cars qui devient la solution la moins chère.
- À long terme, si l'on peut combiner le covoiturage et un transport à la demande avec des minibus autonomes, alors cette formule repasse en première position devant les autocars.

Finalement, l'étude n'aboutit pas à une conclusion très claire. Tout dépend de ce qui se passe concrètement en bout de ligne aux heures creuses. C'est un point qu'il faudrait approfondir en priorité pour obtenir des conclusions plus robustes.

Suite de l'étude

La seconde partie de cette étude sera publiée ultérieurement dans un document séparé. Elle déclinera les scénarios présentés ci-dessus dans deux territoires réels de la périphérie de Bourg-en-Bresse, choisis en raison des signes d'intérêt que nous avons perçus de la part des acteurs locaux. Dans le premier secteur (Ceyzériat) il existe une pratique d'autostop libre sur la route d'accès à la ville centre et un transport à la demande a été mis en place par une des communes avec le concours de la Fondation de France. Dans l'autre secteur (Montrevel) un site de covoiturage avait été créé en 2008 et des études sur l'écomobilité ont été entreprises en 2016 par les deux communautés de communes concernées.

Voici les questions que nous traiterons :

- Quelle est la population réellement desservie par la ligne ? Quels sont les modes de rabattement possibles (marche, vélo, vélo électrique) ?
- Combien d'habitants du secteur empruntent la route d'accès à la ville ? Quel est le trafic de transit ?
- Comment aménager la ligne, les arrêts, la porte d'entrée de la ville ?
- Quelle part de la population peut-elle bénéficier d'une alternative crédible à la voiture ?
- Quels niveaux de service peuvent apporter les différentes alternatives et quelle serait la charge pour le contribuable ?

Références

ADETEC (2012) Le coût réel de la voiture

http://www.adetec-deplacements.com/cout_reel_voiture_8p.pdf

Arcadis et al (2017) Driverless Future - a Policy Roadmap for City Leaders

<https://arcadisna.com/driverless-future-report/2017-Driverless-Future-Report.pdf>

Agence d'Urbanisme Sud Bourgogne (2015) Le coût de la mobilité

http://www.ausb.org/fileadmin/user_upload/mediatheque/Observatoires/Cout_Mobilite_FINAL.pdf

autosBus (2014) Le covoiturage en périphérie de Bourg-en-Bresse

https://www.autosbus.org/sites/default/files/Enquete_Covoiturage_Peripherie_Bourg.pdf

autosBus (2015) Transports collectifs et écomobilité autour de Bourg-en-Bresse

https://www.autosbus.org/sites/default/files/Bourg_TC%20150709_0.pdf

autosBus (2016a) Comment susciter des changements de mobilité ?

https://www.autosbus.org/sites/default/files/Changement_160317.pdf

autosBus (2016b) Le numérique et l'écomobilité en zone périurbaine

<https://www.autosbus.org/sites/default/files/Num.PC3.PA9rique.P20160709.pdf>

CGDD (2016) Éléments d'évaluation socio-économique et environnementale du transport par autocar

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED145.pdf>

CGDD (2010) La mobilité des français

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf>

CEREMA (2014) Transport régional

CERTU (2005) Bus à haut niveau de service : concept et recommandations

<http://www.certu-catalogue.fr/bus-a-haut-niveau-de-service-bhns-concept-et-recommandations-telechargement-payant.html>

CERTU (2011) La mobilité dans les villes moyennes

<http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1076904.pdf>

Coldefy (2016) Villes et voitures, centres et périphéries : impossible réconciliation ?

https://www.linkedin.com/pulse/villes-et-voitures-centres-p%C3%A9riph%C3%A9ries-impossible-jean-coldefy?trk=hb_ntf_MEGAPHONE_ARTICLE_POST

Delaunay T., Lesteven G. et Ray J.B. (2017) Qui sera le « Blablacar du quotidien » ? Pour un covoiturage des courtes distances ancré dans les territoires

<http://www.metropolitiques.eu/Qui-sera-le-Blablacar-du-quotidien.html>

FNAUT (2012) Coûts d'usage de l'autocar, du train, de l'avion et de la voiture dans les déplacements à longue distance

<http://www.fnaut.fr/actualite/communiqués-de-presse/130-couts-d-usage-des-differents-modes-de-transport>

Jaffe E. (2015) Suburban Ride-Sharing Is Mathematically Impossible

<http://www.citylab.com/commute/2015/11/suburban-ride-sharing-is-mathematically-impossible/415494/>

NCTR - National Center for Transit Research (2014) Cost Benefit Analysis of Rural and Small Urban Transit

<http://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2014/07/77060-NCTR-NDSU03.pdf>

Ray J.B. (2014) Planning a real-time ridesharing network : critical mass and role of transfers. Communication to Transport Research Arena 2014, Paris.

<http://docs.google.com/a/movicite.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=bW92aWNpdGUuY29tfHd3dy1tb3ZpY2l0ZS1jb2l8Z3g6NGQxZGQ2MWNkZWxNWFhYQ>

Viennet R (2017) Court-voiturage et transport public : un mariage de raison. Transport Public N° 1176

<http://www.mobilicites.com/011-5965-Transport-public-n1176-court-voiturage-et-transport-public-un-mariage-de-raison.html>

Remerciements

Maël BEL LATOUR	Région Auvergne Rhône Alpes – Direction des transports
Anne CAMBON	Région Auvergne Rhône Alpes - Réseau Ecomobilité
Bruno CORDIER	ADETEC
Damien DEROUET	Région Auvergne Rhône Alpes - Réseau Ecomobilité
Anaëlle GUILLAUD	Covivo
Anne Claire LAUNAY	Réseau RÉUNIR
Olivier MAFFRE	Ecov
Patrick OBERTO	Association PSRE
Xavier TURIN	Migratour