La mobilité électrique personnelle:
Concepts pionniers, premiers expériences, et futurs défis

Marc Ivaldi

Toulouse School of Economics

Emile Quinet

Paris School of Economics et ENPC

Elisabeth Windisch

LVMT et ENPC

Avril 2011

Table des matières

1 Introduction....3
1.1 Les défis actuels de la mobilité 3
1.2 Nouvelles solutions pour la mobilité....3
1.3 Objectifs de cet article 4
1.4 Structure du rapport....5
2 Services de mobilité innovants 5
2.1 Covoiturage 6
2.2 L'autopartage 14
2.3 Transports à la Demande (TD)....19
2.4 Synthèse et conclusion 24
3 Le décollage des véhicules électriques 25
3.1 Politiques publics concernant le déploiement des VE 25
3.2 L'offre actuelle et future de VE....29
3.3 Projets et expériences de déploiement de VE 34
3.4 Synthèse et conclusion....56
4 Dérivation d'un scénario d'adoption de VE....58
4.1 Les grands défis des VE aujourd'hui 58
4.2 Grand défis des zones rurales de nos jours 61
4.3 Potentiel des VE dans les zones rurales....62
Références....65

1 Introduction

1.1 Les défis actuels de la mobilité

Au cours des dernières décennies, la croissance économique, la mondialisation et la modernisation de notre société ont contribué à une augmentation impressionnante de la demande de mobilité. Cette tendance appelle de nouvelles réponses afin de créer une société moderne et durable: il faut trouver des solutions qui permettent de satisfaire le désir croissant de liberté individuelle. Le désir d'améliorer la mobilité de tous les citoyens, les jeunes ainsi que les plus âgés, stimule la demande de transport et pose des défis majeurs.

Les systèmes de transport font déjà face à des limites de capacité. Augmenter encore plus la demande pour ces services nuit à leur efficacité, et à l'efficacité du développement économique en général. De plus, cette augmentation de la demande de mobilité soulève des questions environnementales. Les transports motorisés individuels qui, grâce à leur flexibilité, font l'objet d'une demande importante, contribuent pour une part importante à la pollution atmosphérique. De plus, la sécurité énergétique est désormais une préoccupation majeure, pour laquelle le secteur des transports joue un rôle important. Des modes de transports plus efficaces et la prise de conscience des usagers peuvent augmenter l'efficacité énergétique du secteur des transports, et atténuer la dépendance de l'économie au prix du pétrole, particulièrement volatil.

Les problèmes de transport sont indissociables d'autres enjeux contemporains majeurs. De nouvelles solutions, qui répondent en même temps aux besoins du développement durable et à la croissance de la demande de mobilité et de liberté de déplacement, sont impératives.

1.2 Nouvelles solutions pour la mobilité

Les années récentes ont vu l'augmentation des efforts investis dans la quête de solutions qui répondent aux défis décrits dans la section 1.1 ci-dessus. De nouveaux concepts de mobilité, par exemple le covoiturage et l'auto-partage, ont déjà été développés et déployés dans plusieurs régions, en particulier les régions urbaines. Le but principal de ces concepts est une consommation plus efficace des ressources, ce qui contribue à son tour à la sécurité énergétique, à la réduction des émissions polluantes, et à l'efficacité globale des systèmes de transport. Ces concepts reposent sur le partage de ressources privées, ce qui permet en même temps des économies et le maintien d'une certaine flexibilité pour les consommateurs. Les inconvénients de la propriété privée (en ce qui concerne les réparations et l'entretien, par exemple) sont réduits. Les besoins de mobilité, par contre, peuvent quand même être satisfaits, ce qui est davantage le cas au fur et à mesure que ces nouveaux concepts sont adoptés de façon croissante par les consommateurs, et voient leur taux de pénétration du marché augmenter.

De plus, on a pu observer récemment une croissance de l'intérêt du public pour le développement des technologies électriques de mobilité. Les véhicules électriques (VE dans ce qui suit) en particulier ont attiré beaucoup d'attention, du fait de leur potentiel pour améliorer la durabilité des transports privés. Les gouvernements nationaux et régionaux, fabricants de véhicules, fournisseurs de mobilité et d'électricité, ainsi que les fournisseurs de ressources, commencent à prendre conscience du potentiel de ces nouvelles technologies. La mobilité électrique est considérée comme un moyen de réaliser une utilisation plus efficace de ressources, contribuant donc au développement de systèmes de transport plus durables et efficaces. Outre les bénéfices environnementaux qui suivraient la réduction anticipée d'émissions, globales ainsi que locales (cette réduction varie selon les sources d'énergie employées dans une région donnée), on peut entrevoir un fort potentiel pour la réhabilitation du secteur automobile et des industries adjacentes, et un soutien à la croissance économique et au bien-être collectif. La mobilité électrique peut donc être vue comme remède à plusieurs problèmes publics liés à l'environnement, à l'industrie, à l'économie et à l'énergie. Ainsi, les gouvernements nationaux et régionaux sont sur le point de lancer des politiques de soutien pour les VE, avec le but d'accélérer en même temps de développement et la propagation des VE et des infrastructures qui les accompagnent (Leurent et Windisch, 2011).

1.3 Objectifs de cet article

Le chapitre 1.2 mentionne des solutions pour le transport motorisé individuel qui pourraient répondre aux défis de transport sans compromettre la liberté individuelle. Des services de mobilité innovants et la mobilité électrique pourraient ensemble servir comme remède à de nombreux problèmes. Ce rapport expose ces solutions en détail en présentant et analysant par des exemples l'état du déploiement de ces concepts. Ces analyses permettent d'arriver à des conclusions concernant les régimes les plus prometteurs de déploiement de véhicules électriques, qui répondent avec succès aux besoins et aux défis des transports modernes.

Plus clairement, les objectifs de ce rapport sont :

- présenter un inventaire de nouveaux services de mobilité innovants
- introduire des solutions de mobilité électrique :
    - *donner une vue d'ensemble* des objectifs de déploiement de VE et des politiques de soutien.
    - *présenter* les méthodes d'expérimentation les plus récentes à l'échelon local et régional, et les projets pilotes.
- parvenir à des conclusions sur les schémas de déploiement de VE les plus susceptibles de réussir et (si nécessaire) les politiques de soutien qui les sous-

tendent.

1.4 Structure du rapport

Le deuxième chapitre présente un panorama de services de mobilité innovants qui font face à plusieurs des problèmes auxquels le secteur de transports de passagers se trouve actuellement confronté. Les concepts de covoiturage, d'auto-partage et de transport à la demande sont tour à tour examinés.

Le troisième chapitre considère des développements récents dans le domaine du déploiement de véhicules électriques. Une esquisse des politiques publiques concernant le développement des VE est présentée, suivie d'une présentation de l'offre existante de véhicules et d'infrastructures. Pour terminer, plusieurs projets spécifiques de déploiement sont présentés, pour la plupart dans le cadre européen.

Enfin, le quatrième chapitre rassemble les leçons des chapitres 2 et 3 pour construire un scénario d'adoption de VE qui pourrait être déployé dans une région rurale.

2 Services de mobilité innovants

Les services de mobilité innovants sont des nouveaux services qui permettent une utilisation plus efficace des ressources du secteur du transport privé individuel. Certains des concepts présentés ici existent depuis l'introduction même des véhicules privés. Cependant, plusieurs d'entre eux ne sont redevenus populaires que très récemment. Des concepts tombés en désuétude pendant la démocratisation et la généralisation du véhicule privé, terminées durant les récentes décennies, renaissent, et deviennent des modèles d'activité profitables, fondés sur une utilisation efficace des ressources disponibles. De nos jours, de plus en plus d'individus se montrent prêts à changer leurs habitudes « traditionnelles ». Les motivations environnementales, mais aussi économiques, encouragent le développement de modèles de mobilité qui ne se limitent pas au véhicule privé. Néanmoins, plusieurs obstacles doivent être franchis avant que les services de mobilité innovants soient intégrés dans les habitudes de mobilité de notre société. Des changements de comportement, soutenus par des mesures de politique fiscale ou de subventions directes, sont nécessaires pour que ces concepts atteignent le succès espéré.

Ce chapitre présente une vue d'ensemble de plusieurs modèles de mobilité innovants, qui exploitent de façon optimale les ressources existantes. Le concept de covoiturage est d'abord présenté, sous ses déclinaisons anciennes et plus récentes. L'auto-partage est ensuite évoqué avec une attention particulière sur les développements récents, en voie d'implémentation. Pour terminer, nous présentons le concept de transport à la demande. Des exemples en France permettent d'illustrer le fonctionnement de ces services.

2.1 Covoiturage

Le covoiturage est de plus en plus perçu comme une solution puissante pour limiter la

congestion routière, les émissions polluantes et la dépendance aux combustibles fossiles. Ce moyen de transport correspond au regroupement de plusieurs voyageurs qui partagent un même trajet dans un seul véhicule. Le covoiturage est aussi appelé *car pooling, lift-sharing* ou *ride-sharing*. Le covoiturage se distingue des taxis professionnels du fait que les taxis fonctionnent à but lucratif. Les transactions financières qui ont lieu dans un covoiturage sont destinées à compenser en partie les frais de transport, et non à générer un profit pour le conducteur. De plus, le conducteur et les passagers partagent une même destination, ou du moins une partie du trajet. (Chan et al. 2011)

Le covoiturage sert donc à diminuer le coût d'un voyage en voiture privée, en répartissant sur plusieurs voyageurs les frais d'essence, de péage et, si nécessaire, la location de voiture. Le propriétaire de la voiture (conducteur) qui propose le trajet commun profite de cette réduction, tandis que les covoituriers (passagers) bénéficient à la fois de la réduction de coût et/ou d'un voyage plus rapide que par d'autres options de transport. Le covoiturage propose donc typiquement une situation gagnant-gagnant pour le conducteur et les passagers : tous les participants profitent d'une flexibilité et d'une liberté de mouvement accrues. En même temps, les problèmes de congestion, d'émissions et de dépendance énergétique mentionnés ci-dessus sont diminués.

2.1.1 Concepts de covoiturage

Pour coordonner un trajet en covoiturage, passagers et conducteurs utilisent généralement les services d'un intermédiaire. Après avoir identifié une coïncidence des besoins de transport, ils se contactent pour régler les détails du voyage. Le coût, le rendez-vous et autre détails (espace pour les bagages, etc.) sont également discutés et font l'objet d'un accord. Finalement, ils se rencontrent et effectuent le trajet commun.

Le covoiturage est fréquemment observé dans le cadre des migrations pendulaires, mais il est également utilisé pour des trajets longs et ponctuels. Les voyageurs n'effectuent as nécessairement l'intégralité du trajet ensemble. En particulier, pour de longues distances, les voyageurs peuvent n'être passagers que pour une partie du trajet, et il est alors d'usage de contribuer aux coûts en fonction de la distance qu'ils ont parcourue. Cette divisibilité contribue encore davantage à la flexibilité du covoiturage.

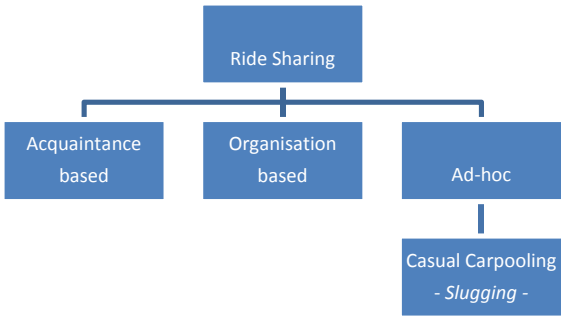
En tout cas, les détails du fonctionnement du covoiturage dépendent énormément du mécanisme spécifique de mise en relation des parties. Grâce aux progrès des technologies de la communication, de nombreuses méthodes sont disponibles pour permettre les échanges, ce qui fournit une grille de classification des systèmes de covoiturage en fonction de leur méthode de communication. Une autre dimension qui permet d'ordonner l'ensemble des arrangements est le temps écoulé entre le moment où l'accord est fixé et le trajet proprement dit. Cette deuxième classification engage des concepts comme l'appariement à long terme (quelques semaines, même plusieurs mois avant que le voyage ait lieu), l'appariement dynamique(les accords sont conclus le jour même, ou quelques heurs avant le trajet), et l'appariement immédiat (ou spontané). Chan et al. (2011)

proposent une troisième classification, en fonction de la relation entre les participants. Cette classification est ensuite élaborée pour prendre en compte les autres critères discutés ci-dessus.

Le diagramme suivant, adapté de Chan et al. (2011), représente la première typologie des concepts de covoiturage (la typologie complète figure en annexe)

Covoiturage

- Avec famille et/ou amis
- Organisation formelle
- Organisation *ad hoc* – Covoiturage occasionnel & informel



[Figure 1: Typologie des concepts de jumelage de trajets (tiré de Chan et al., 2011)]

Le covoiturage en cercle intime est généralement pratiqué dans le cercle familial ou amical, d'où leur nom anglais de *fampools*, ou bien avec les collègues de travail. Les entreprises stimulent ces arrangements entre collègues, ou en prennent l'initiative par l'intermédiaire de plate-formes (forums intranet, par exemple). Ces échanges sont généralement hebdomadaires ou quotidiens, et sont généralement centrés sur les trajets du domicile au lieu de travail. Les entreprises y voient un moyen d'économiser sur les besoins en espace de parking, ou en indemnités de déplacement ; mais plus encore comme un vecteur de culture d'entreprise et d'interactions entre leurs employés. Les modalités de ce type de covoiturage sont déterminées par les participants eux-mêmes.

Le covoiturage organisé correspond à un mode d'organisation qui requiert l'adhésion des participants à un service, que ce soit une adhésion formelle ou simplement l'intermédiation d'un site web. Ce type de covoiturage ne concerne pas nécessairement toujours les mêmes voyageurs : certains organismes permettent de changer de partenaire. (De grandes entreprises ont déjà en place des plate-formes sophistiquées pour leurs

employées. Ce type de covoiturage est à la frontière du cercle proche et du covoiturage organisé.) Pour mettre en relation les usagers, le covoiturage organisé utilise les technologies modernes de communication comme Internet, le téléphone mobile, et plus récemment les *smartphones*. (voir chapitre 2.1.2 pour des précisions sur l'appariement des usagers dans les systèmes de covoiturage organisé).

Finalement, le ***covoiturage ad hoc*** ne présuppose pas de relations particulières entre les usagers, ou l'appartenance à une organisation. Il représente plutôt sur une forme particulière d'auto-stop (*slugging*), et est marqué par un accord informel. Cette pratique a été développée dans les années 1970, principalement aux Etats-Unis (particulièrement en Virginie), où des voie réservées aux véhicules à occupation multiple ont été établies afin d'encourager le covoiturage et les transports en commun, pour limiter la congestion lors des déplacements pendulaires. Les conducteurs choisissent d'accepter les *sluggers* pour utiliser ces voies réservées et bénéficier d'un trajet plus rapide, et les passagers se déplacent gratuitement, ou au moins pour un prix modéré, par rapport aux autres moyens de transport comparables). Il n'y a pas d'accord explicite préalable, ni de paiement. Pendant les heures de migration pendulaire, les *sluggers* se rendent simplement dans des zones de parc relais (dites aussi zones de stationnement incitatif) ou simplement des zones de stationnement gratuit, listées sur certains services Internet, et forment des files d'attente. À leur tour, les conducteurs s'approchent de la file, et annoncent leur destination et le nombre de passagers qu'ils sont disposés à transporter, les passagers sortent de la file, et le véhicule repart. Le comportement des usagers obéit à une certaine étiquette (voir encadré). (BBC, 2003 et Slug-Lines, 2010). Le covoiturage *ad hoc* est organisé directement par les usagers.

Slugging Etiquette

- First come, first served, though slugs may decline ride if they are uncertain of the driver or so as not to leave a woman alone in the queue
- Drivers may "call out" if they see a friend in the queue
- No talking - unless initiated by driver
- Slugs should not adjust heat or air conditioning, open or close window or ask to change radio
- "Thank yous" should be said by both parties at start and finish
- No money is offered, requested or accepted

Encadré : L'étiquette du *slugging*

- Les premiers arrivés embarquent les premiers. Ils peuvent cependant décliner l'invitation d'un conducteur qu'ils jugent peu engageant, ou pour ne pas laisser une femme seule dans la file.
- Les conducteurs peuvent choisir un ami qu'ils reconnaissent dans la file.
- Ne pas parler au conducteur, sauf s'il en prend l'initiative.
- Les sluggers n'ajustent pas la climatisation, ou les fenêtres. Ils ne demandent pas de changer la radio.
- Conducteurs et passagers échangent des remerciements au départ et à l'arrivée.
- Aucun paiement n'est proposé, réclamé, ou accepté.

2.1.2 Appariement des usagers

Comme nous l'avons dit, le covoiturage organisé s'appuie sur différent *media* pour mettre en relation de façon optimale les usagers ayant des besoins de déplacement similaires. Nous examinons maintenant différentes techniques de mise en relation.

Appariement par Internet

Les programmes et plate-formes d'appariement en ligne permettent aux usagers de s'associer par eux-mêmes ou bien d'être automatiquement reliés aux offres des autres passagers ou des conducteurs, après une procédure d'inscription.

Dans le premier cas, le plus simple, des déplacements ponctuels peuvent être préparés longtemps à l'avance, ou bien avec un délai plus court. Une fois inscrit, après avoir renseigné des caractéristiques individuelles (fumeur/non fumeur, préférences de conduite), un usager de la plate-forme peut soit poster une annonce et attendre une réponse, soit chercher parmi les annonces existantes une offre qui lui convient (en fonction de la date du trajet, de l'heure de départ, du lieu de rencontre, des caractéristiques individuelles, etc.). Cette procédure convient également pour préparer des trajets réguliers.

Une seconde option est de déléguer l'appariement à une routine interne à la plate-forme, de type GIS (*geographic information systems*, procédures qui identifient des demandes de trajets similaires). Plusieurs entreprises ont développé des plate-formes de ce type – un ensemble de services que des employeurs publics ou privés peuvent utiliser contre un paiement mensuel.

Appariement par téléphone

Cette forme d'appariement est la plus ancienne, et elle permet l'ajustement en temps réel (de même que les smartphones). Les usagers peuvent demander à être transportés, ou bien offrir de transporter, à très court horizon, et par téléphone. La mise en communication peut être réalisée par des opérateurs humains ou bien par une interface automatique. Les procédures les plus avancées font appel à Internet et aux *GIS*, et peuvent être activées par e-mail ou sur un PDA (assistant numérique personnel).

Appariement par Smartphone

Cette forme d'appariement est centrée sur le concept d'ajustement en temps réel. Elle garantit la possibilité d'appariements à court terme, proches des horaires désirés ; et la facilité d'utilisation et la flexibilité obtenues justifient un usage fréquent. Les arrangements réalisés sont de type ponctuel ou occasionnel, et la période de notification n'a pas besoin d'être très longue. L'essor de ces systèmes est relativement récent, et contraste avec les modes d'arrangement traditionnels plus rigides. On peut supposer que l'augmentation de la complexité des emplois du temps et des tâches de chacun diminue l'attrait de ces derniers, alors que l'ajustement en temps réel permet seul la flexibilité requise. (Amey et Hall, 2011)

L'ajustement en temps réel utilise les Smartphones et leur connexion Internet, ainsi que des procédures d'ajustement automatique, pour organiser les trajets. Les participants peuvent ainsi se coordonner quelques minutes avant le trajet, voire même durant le trajet, avec de nouveaux passagers se rajoutant au long du voyage. Comme pour la plupart des

services de covoiturage, un grand nombre de participants est essentiel pour assurer un fonctionnement fluide. (Chan et al., 2011) Le nombre de fournisseurs de covoiturage “en temps réel”, ainsi que le nombre d’organisations ou entreprises qui souscrivent à ces services, a augmenté nettement au cours des dernières années. (Amey et al., 2011)

Deux exemples du service « en temps réel » aux États-Unis, le système Avego (http://www.avego.com) et le système NuRide (http://www.nuride.com), démontrent l'extension des services qu'on peut attendre de ce type de service. En France, l’opérateur Villefluide fournit un service de covoiturage en temps réel (voir chapitre 2.1.4).

Une liste des exigences technologiques du covoiturage en temps réel figure en annexe.

2.1.3 Les plus récents développements dans le domaine du covoiturage

Récemment, en particulier aux États-Unis, on a pu observer des développements innovants dans le domaine du covoiturage (Chan et al., 2011) :

Développement de partenariats

Depuis 2004, une nouvelle génération de plates-formes d’appariement a été développée pour les régions et les employeurs. Les partenariats entre les entreprises de logiciels d’appariement et leurs clients les plus importants numériquement tirent les bénéfices d’un grand nombre de participants potentiels et de destinations communes. Ces entreprises vendent leurs plates-formes à des agences publiques et des employeurs, qui transforment parfois les plate-formes en sites web autonomes pour leur groupe. Cette stratégie de partenariat a permis de recruter un plus grand nombre de participants que les phases de covoiturage antérieures. Cependant elle favorise nettement les voyageurs avec des horaires réguliers.

Incitations financières

Plusieurs agences publiques et entreprises promeuvent le covoiturage au moyen d'incitations. NuRide, par exemple, est un club de covoiturage en ligne qui compte plus de 48.000 membres dans 7 régions métropolitaines aux États-Unis (www.nuride.com). NuRide offre des coupons quand ses membres voyagent, pour le plaisir aussi bien que pour leur travail, en véhicule partagé, en empruntant les transports en commun, à vélo ou à pied, ou bien lorsqu'ils télétravaillent. Ces points peuvent être échangés contre des tickets restaurant, des réductions d’achats, ou des billets de spectacles. NuRide forme des partenariats avec des agences publiques, des employeurs et des entreprises pour couvrir les coûts de ces incitations.

Plates-formes de réseaux sociaux

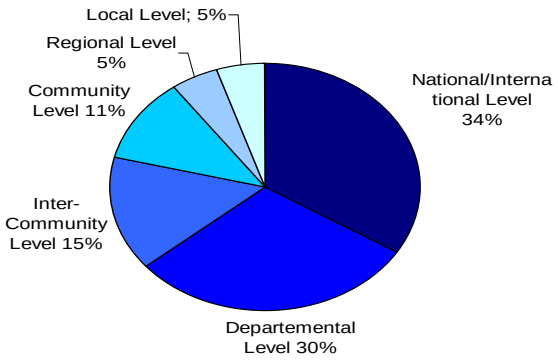
La prolifération des réseaux sociaux, Facebook par exemple, permet aux entreprises de

covoiturage de se servir de ces interfaces pour apparier des voyages en cercle intime. Ces entreprises espèrent que les réseaux sociaux peuvent faciliter une relation de confiance entre les participants, répondant aux problèmes de sécurité. Zimride, par exemple, a formé un partenariat avec 50 universités, collèges et entreprises aux États-Unis, qui ont chacun leur propre « réseau » de membres (www.zimride.com). En plus des sites web de chaque réseau, Zimride profite de la plate-forme de Facebook pour attirer des utilisateurs publics. PickupPal, un autre service avec plus que 148 000 membres dans 116 pays (www.pickuppal.com), permet à ses membres de former leur propre groupes en fonction de leur région, entreprise, université d'origine et centres d'intérêts.

2.1.4 Le covoiturage en France

En général, le covoiturage est très difficile à mesurer, parce qu'il est souvent organisé de façon informelle ou non officielle. Cependant, le covoiturage semble prendre de l'importance, en particulier en Amérique du Nord où la part du covoiturage dans les modes de transports atteint 8% (Canada) à 11% (États-Unis). On compte environ 613 programmes de covoiturage aux États-Unis. (Chan et al. 2011)

En France, 78 opérateurs de services de covoiturage existaient sur l'Internet en mars 2007 (CERTU, 2007). Ces opérateurs fonctionnent à différents niveaux géographiques. La répartition des 78 opérateurs selon leur niveau d'opération est donnée dans la figure 2 ci-dessous :



[Figure 2 : La répartition des opérateurs de service de covoiturage Français selon leur niveau d'opération (CERTU, 2007)]

Il est évident que la majorité des opérateurs de service de covoiturage qui montent des plates-formes sur l'Internet fonctionnent sur un niveau (inter)national ou départemental. Seuls 5% de ces opérateurs ont des réseaux restreints au niveau local. D'après une étude

plus récente par l'ADEME (2010), il existe déjà plus de 200 opérateurs de service de covoiturage « organisé » en France, (« organisé », par opposition au covoiturage à la demande). Entre-temps, des opérateurs de covoiturage à la demande se sont aussi engagés. Évidemment, le nombre d'opérateurs a augmenté rapidement au cours des dernières années. On peut cependant se demander si ce développement est positif pour favoriser l'émergence d'un système de covoiturage efficace. Après tout, plus les utilisateurs d'une plate-forme sont nombreux, plus l'appariement est efficace, ce qui est bénéfique pour tous les participants. Le rapport du CERTU (2007), qui à sa sortie ne recensait « que » 78 services de covoiturage, notait de façon critique l'apparition d'un nombre grandissant de fournisseurs de service unique. Le rapport concluait qu'améliorer la gouvernance de ces services uniques pourrait améliorer le développement du covoiturage.

Quelques exemples d'opérateurs de service de covoiturage en France qui ont atteint une reconnaissance étendue sont présentés dans le tableau suivant :

Opérateur	***Greencove***	***Comuto***	***Villefluide***
Technologie d'appariement	internet, téléphone portable	internet, téléphone portable	Smartphone (covoiturage en temps réel)

[Tableau 1 : Opérateurs de covoiturage en France]

Greencove (référence : www.greencove.fr)

Greencove offre des services de covoiturage pour les organisations qui souscrivent à leurs services. Les utilisateurs individuels (par exemples, les employés d'une entreprise participante) reçoivent un matricule avec lequel ils peuvent s'inscrire sur le site web de l'opérateur. Sur le site, ils peuvent développer un profil personnel et profiter de tous les services de covoiturage fournis. Des cartes géographiques sont mises à la disposition des utilisateurs, afin de trouver facilement des offres de transport et de mieux spécifier les trajets, les horaires et les coûts à partager, et des moteurs de recherche sont mis à la disposition des utilisateurs. Les services de transports en commun sont intégrés dans ces cartes pour permettre aux utilisateurs de facilement construire leur voyage, qui peut inclure des tronçons de transports en commun.

Une fois une offre de covoiturage et une demande appariées, les détails du rendez-vous sont fixés (s'ils n'étaient pas précisé dans l'offre elle-même). S'ils le désirent, les passagers et le conducteur peuvent recevoir automatiquement, par e-mail ou par téléphone, des informations concernant leur voyage. Si nécessaire, ils peuvent aussi se contacter directement. À la conclusion du voyage, le paiement qui était indiqué dans l'annonce sur le site web est effectué. Les passagers et les conducteurs peuvent publier

leurs avis (par exemple : style de conduite, ponctualité, etc.) qui apparaissent ensuite sur le profil personnel de l'autre partie.

Le site web www.123envoiture.com fourni par Greencove rassemble plus de 40 sites de covoiturage (restreints, par exemple, au niveau régional, ou à des organisations). Pris ensemble, ces sites comptent plus de 345 000 utilisateurs en France (et en Europe), avec plus de 100 000 « trajets fréquents » conseillés. 123envoiture est le premier réseau de covoiturage à grande échelle en France. Chaque utilisateur privé peut s'y inscrire (sans frais) et chercher ou offrir des trajets.

Greencove travaille aussi en partenariat avec des grands événements (par exemple, des festivals de musique), qui veulent encourager le covoiturage parmi les participants qui cherchent à se rendre sur leur site, en particulier pour réduire l'espace nécessaire pour le stationnement. Les participants peuvent souscrire au service de covoiturage et chercher ou offrir des trajet aller ou retour.

Comuto : (référence : www.comuto.com, www.covoiturage.fr)

Comuto offre une plate-forme qui ressemble à celle de 123envoiture. Les utilisateurs individuels peuvent facilement (et gratuitement) souscrire au service, créer leur profil personnel et annoncer ou rechercher des trajets. La tarification des passagers est établie à l'avance, sur la base des directives de Comuto, grâce à un calcul de distance/coût sur le site (un paiement maximum est fixé par la plate-forme afin d'éviter les tarifications excessives).

Une particularité de Comuto est le service MERCI, qui fournit aux conducteurs et aux passagers un moyen de se contacter par téléphone sans dévoiler leur numéros de téléphone personnels.

Villefluide : (référence : www.villefluide.fr)

Villefluide fournit un service de covoiturage en temps réel pour les entreprises suffisamment grandes pour mettre en œuvre un système d'appariement à la demande. Les employés s'inscrivent au service et bénéficient du covoiturage en temps réel en annonçant ou en recherchant des trajets par téléphone. Les trajets sont appariés en quelques secondes, et confirmés par téléphone, par message automatique. Les paramètres du service permettent aux utilisateurs de demander automatiquement les mêmes trajets chaque jour, mais aussi de changer leur demandes à la dernière minute si besoin est (il suffit de ne pas envoyer le SMS de confirmation). Les trajets partagés sont enregistrés dans une base de données, et les paiements ont lieu à la fin du mois, en fonction du nombre de trajets effectués comme conducteur et comme passager. Les conducteurs et les passagers sont appariés automatiquement ; ils n'ont aucun besoin de se contacter autrement qu'au moyen des messages transmis sur le serveur de Villefluide.

2.1.5 Perspective critique

Puisque le covoiturage réduit le nombre d'automobiles nécessaires pour satisfaire aux besoins des voyageurs, son adoption a des bénéfices indéniable du point de vue de l'intérêt public. Un taux plus élevé de covoiturage réduit la consommation d'énergie, les émissions, la congestion, et les besoins de stationnement. L'importance de ces bénéfices est cependant difficile à mesurer. Au niveau individuel, l'intérêt est plus tangible. Ceux qui participent au covoiturage réduisent leurs coûts de transport (grâce au partage des frais), le temps nécessaire pour leur voyage, le stress associé. De plus, les politiques publiques pourraient mettre en place des incitations supplémentaires, par exemple le stationnement préférentiel.

En dépit de ces nombreux avantages, il existe tout de même des obstacles comportementaux qui limitent l'adoption du covoiturage. Les individus, tout en reconnaissant des bénéfices au covoiturage, hésitent à abandonner la flexibilité offerte par la voiture privée. En plus, des facteurs psychologiques – la demande d'espace personnel et la réticence au contact prolongé avec des inconnus – peuvent avoir un impact sur l'adoption du covoiturage. La sécurité personnelle est aussi une inquiétude pour ceux qui partagent un trajet avec un inconnu, bien que cette perception soit probablement exagérée.

2.2 L'autopartage

Le covoiturage (décrit dans le chapitre 2.1) fait référence à l'utilisation commune d'une voiture pour un trajet spécifique, fréquemment pour des raisons de migration pendulaire. L'autopartage, par contre, est une forme de location de voiture qui permet l'utilisation d'une voiture pour une courte période, souvent facturée par heure. Les équivalents anglais du terme d'autopartage sont *car sharing* (littéralement : partage de voiture) et *car clubs* (clubs de voiture), terme plus fréquent au Royaume-Uni. L'autopartage est particulièrement avantageux pour ceux qui n'ont que rarement besoin d'une automobile, ou qui ont ponctuellement besoin d'un véhicule de type différent par rapport à leur besoins quotidiens (par exemple, pour transporter un bien spécifique). L'entreprise qui loue les voitures peut être une entreprise commerciale, une agence publique, une coopérative, ou même un groupe *ad hoc* qui se forme pour l'autopartage. Aujourd'hui, on compte plus d'un millier de villes dans le monde entier où il est possible de partager sa voiture. (Ecoplan, 2009)

Comme pour le covoiturage, les bénéfices sociaux de l'autopartage sont nombreux. L'autopartage réduit l'impact environnemental de la conduite, et peut aussi réduire les coûts de transports pour les conducteurs besoin d'un véhicule de façon intermittente (Martin et al., 2010). Des recherches à cet effet estiment la réduction du nombre de véhicules privés en circulation suite à l'incorporation d'un véhicule additionnel dans la flotte destinée à l'autopartage. Elles obtiennent une fourchette allant de 4.6 à 20 véhicules (Martin et al., 2010). Cette réduction est dûe au fait que les membres d'un autopartage

sont moins susceptibles d'acheter un véhicule privé, et peuvent même revendre le leur après s'être inscrit à un groupe d'autopartage (Shaheen et al., 2006). L'autopartage altère l'économie de la conduite : ce qui était auparavant un coût fixe devient un coût variable. On observe que l'autopartage réduit de 67% la distance parcourue en voiture par ses membres, grâce à leur usage plus fréquent de transports en commun, de vélos, et de la marche à pied (Cervero et al., 2007).

2.2.1 Délimitation par rapport à la location

Il y a plusieurs différences entre l'autopartage et la location de voiture traditionnelle. En gros, l'autopartage fournit un service qui est beaucoup plus flexible. Puisque la réservation, la récupération du véhicule et son retour se font indépendamment par le locataire, les services d'autopartage fonctionnent normalement *jour et nuit, sans interruption, tout le long de la semaine*. La période de location est aussi très flexible : les véhicules sont loués *à l'heure (ou même parfois à la minute)* ainsi que par jour. Souvent, il n'est pas obligatoire de remettre les véhicules à l'endroit précis où ils ont été retirés : ils peuvent en effet être remis à n'importe quel espace de location géré par le même opérateur de service. Parfois on observe même des stationnements réservés aux voitures appartenant à un autopartage (ce qui peut réduire d'une façon importante le temps nécessaire pour trouver un stationnement). Ces dispositions permettent donc aux clients de profiter de *voyages à sens unique*. Les véhicules sont normalement situés stratégiquement, par exemple à côté des centres de transports en commun, assurant donc un *accès facile* pour les utilisateurs des véhicules partagés. En plus, *aucune surcharge ou frais additionnel*, pour l'assurance ou le carburant, ne sont prélevés. Les frais de souscription et d'utilisation (qui sont fonction de la durée de la location et/ou des kilomètres parcourus) sont suffisants pour couvrir l'ensemble des dépenses.

Le tableau qui suit contient un sommaire des caractéristiques typiques des services d'autopartage, assurant beaucoup plus de flexibilité que les services de location traditionnels :

[La flexibilité de l'autopartage est assurée par :

- Service libre - services en opération 24/7
- Durée de location flexible
- Usage flexible (possibilité de voyages à sens unique)
- Accessibilité (situés près des services de transport en commun)
- Frais d'utilisation simples et uniques

]

2.2.2. Fonctionnement

Il y a beaucoup de variation dans le fonctionnement des systèmes d'autopartage. Les opérateurs les plus modestes ne fournissent qu'un ou deux points de récupération, et les voitures doivent être également remises à ces endroits. La plupart des opérateurs avancés permettent le retour des véhicules à n'importe quel lieu de stationnement public, à l'intérieur d'une zone délimitée.

Les technologies qui permettent de récupérer/remettre un véhicule varient aussi, allant de systèmes entièrement manuels (jeux de clefs et papiers du véhicule) à des systèmes complexes numérisés dotés de logiciels permettant une connexion par téléphone portable, par smartphone, ou par internet.

Processus de réservation

Les réservations se font généralement en ligne, par téléphone ou par SMS, selon la flexibilité de l'entreprise. À ce moment, le trajet doit être précisé : date et lieu de prise de possession du véhicule, durée de la location, véhicule désiré et ainsi de suite. Évidemment, faire une réservation longtemps à l'avance assure une meilleure chance que toutes les spécifications désirées soient satisfaites.

Récupération de la voiture

La réservation étant complétée, le véhicule peut être récupéré au moment et à l'endroit préalablement désignés. Souvent les véhicules sont équipés d'un lecteur de cartes installé sur le paravent ; celui-ci permet de déverrouiller la voiture (et de démarrer un compteur). Seul l'adhérent qui à réservé la voiture peut y accéder de cette façon. Normalement, les clefs se trouvent alors quelque part dans la voiture.

Maintenance des véhicules

Les membres d'un autopartage sont généralement chargés du nettoyage du véhicule et de faire le plein, cependant l'entreprise elle-même prend en charge la maintenance régulière des véhicules de la flotte. Chaque membre doit s'assurer que la voiture est prête pour la prochaine location à la fin de son trajet (voir www.carsharing.net).

2.2.3 Nouveaux développements dans l'autopartage

En dépit des nombreux avantages environnementaux, et du niveau élevé de la demande du côté des consommateurs, on observe que le taux d'adoption de l'autopartage est néanmoins de 12 à 30 fois plus faible que ce que les études de marchés concernant les Etats-Unis avaient prévu (Millard-Ball et al., 2005). D'après Hampshire et al. (2011), les modèles d'activité actuels des entreprises d'autopartage ne sont pas suffisamment flexibles pour capturer la totalité de la demande. Le modèle traditionnel d'autopartage est difficile à agrandir géographiquement. Les seuils de rentabilité ne peuvent être atteints

que dans les zones de forte densité de population, où un grand nombre de membres potentiels assurent un certain taux d'utilisation et l'amortissement des coûts d'investissement. Pour être rentable, un opérateur d'autopartage doit compter environ 25 membres résidant à moins de 400 mètres, pour chaque véhicule, afin que le taux d'utilisation du véhicule partagé soit suffisamment élevé (Sullivan et al., 2007).

Pour introduire l'autopartage dans des zones moins densément peuplées, un nouveau concept **d'autopartage de pair-à-pair** (en Anglais, p*eer-to-peer car sharing*) a été développé (les quelques opérateurs existant datent rarement d'avant 2010). L'autopartage de pair-à-pair permet aux propriétaires de voitures privées de transformer leurs véhicules en voitures partagées, qui peuvent alors être louées pour de courtes périodes. Le modèle d'actvité employé ressemble a celui des entreprises d'autopartage traditionnelles, cependant au lieu d'une flotte de voitures classique, cette flotte est virtuelle, composée des véhicules appartenant aux propriétaires participants. Grace à l'autopartage de pair-à-pair, les propriétaires participant peuvent gagner de l'argent en louant leur voiture quant ils ne s'en servent pas. Les locataires, de leur côté, ont accès à un véhicule bon marché à proximité, et ne payent que pour la durée d'utilisation.

Les opérateurs de service d'autopartage de pair-à-pair engagent typiquement une sélection des participants (propriétaires ainsi que locataires) et une solution technologique (généralement un site web) pour rassembler les participants, gérer les réservations et recevoir les rémunérations. De plus en plus fréquemment, une forme automatique d'assurance et de couverture des pannes est mise en place afin de maintenir l'assurance de base du propriétaire de la voiture, mais les problèmes d'assurance et de traitement de la responsabilité légale ne sont pas entièrement résolus (Sullivan et al., 2007).

2.2.4 Les opérateurs d'autopartage en France

En Avril 2008, CERTU a recensé 21 villes bénéficiaires de services d'autopartage. Des 19 opérateurs de services, 10 étaient rassemblés sous le réseau France Autopartage (ADEME, 2009). La carte ci-dessous offre un aperçu de la localisation de ces services, avec des indications de l'amplitude de chaque réseau. Cependant, la cadence des développements dans le secteur des transports est telle que ces données sont soumises à des changements très rapides. L'importance de la région Parisienne pour l'autopartage est évidente. Un véhicule partagé en France parcourt en moyenne 12 500 km par an (ADEME, 2009).

[Figure 3 : les opérateurs d'autopartage en France (ADEME 2009, avec des donnés de 2008)]

Nous décrivons maintenant les caractéristiques principales de quatre services d'autopartage reconnus en France.

Mobizen (www.mobizen.fr)

Mobizen (filiale de Veolia Transport) est un opérateur Français à Paris, où un dense réseau d'autopartage a été établi. Mobizen met à disposition 3 types de véhicules (Mercedes classe A (9 euro/heure), Mercedes Vito (18 euro/heure), Fiat 500 (9 euro/heure)). Après avoir payé les frais de souscription, les clients paient en plus des droits annuels et mensuels, et les frais d'usage en fonction des heures d'utilisation de chaque type de véhicule (ce qui inclut le carburant et les droits d'usage jusqu'à 200 km).

Les clients peuvent choisir parmi plusieurs tarifs, selon leur usage anticipé (intermittent, fréquent, etc.). En général, ceux qui emploient le service le plus fréquemment ont des frais mensuels fixes plus élevés (par exemple, 100 euro/mois), mais profitent d'une réduction dans les frais d'usage par heure.

Après s'être inscrit (par téléphone), le client reçoit une carte électrique lui permettant d'accéder aux véhicules préalablement réservés. Les réservations peuvent être effectuées jusqu'à 5 minutes avant le départ, par internet ou par téléphone. Après y avoir accédé grâce à sa carte, le client trouve les clefs à l'intérieur de la voiture. Après l'utilisation, la voiture doit être remise à l'endroit où elle a été prise. Chaque voiture Mobizen a une place de stationnement réservée à Paris. Si les heures de la réservation n'ont pas été respectées, des frais supplémentaire sont appliqués. Si, à l'inverse, la voiture est remise en avance, les frais d'usage de cette réservation sont réduits.

Mobizen met aussi ses services à la disposition des entreprises. Dans ces cas, les voitures Mobizen peuvent être placés près de l'entreprise, ou même sur son terrain.

Okigo (www.okigo.fr)

Okigo est un service d'autopartage Français, opéré par Avis et Vinci Park. En opération à Paris, Okigo déploie des véhicules Fiat 500 et C3 Picasso. La différence fondamentale entre Okigo et Mobizen réside dans leurs systèmes de tarification : Okigo dispose de tarifs par heure, par mois et par année beaucoup plus faibles, mais applique des frais par kilomètre (0.35/km). Hormis cette différence, cet opérateur fonctionne d'une façon très similaire à Mobizen.

Alpes Autopartage (www.alpes-autopartage.fr)

Alpes Autopartage est un opérateur de service à Grenoble. Sept types de véhicules sont offerts (de marque Renault, Peugeot et Toyota). Alpes Autopartage demande des frais de souscription ainsi que des frais supplémentaires d'usage (il n'y a pas de frais annuels ou mensuels). Les frais d'usage sont élevés et appliqués par kilomètre, par heure et par réservation, et les frais fixes sont donc relativement faibles.

Livop (www.livop.fr)

Livop est couramment le seul opérateur en France à fournit un service d'autopartage de pair-à-pair. Lancé en Septembre 2010, la plate-forme internet de Livop permet aux personnes qui cherchent à louer ou à prêter une voiture de s'inscrire gratuitement. La plate-forme présente un moyen d'apparier les offres et les demandes de véhicules.

2.2.5 Perspective critique

L'autopartage présente le potentiel de grandes améliorations dans l'efficacité d'usage de ressources dans notre système de transport. Les avantages des véhicules partagés peuvent

être résumés dans les points suivants :

- réduction significative du nombre de véhicules privés
- facilitation des chaînes de transport intermodales qui, à leur tour, peuvent évoquer une réduction dans le nombre de kilomètres parcouru par véhicule
- extension de l'accès à l'automobile à toute la population
- mode de transport simple et flexible
- rentabilisation de la possession d'un véhicule privé
- sensibilisation aux nouveaux comportement de transport

Cependant, un système d'autopartage efficace exige au préalable un changement comportemental chez les voyageurs. Même avec ses nombreux avantages pour les conducteurs (un réduction de coûts, aucun souci de stationnement, etc.), l'autopartage compte néanmoins des détriments auxquels les utilisateurs doivent s'adapter. Réserver le véhicule avant de pouvoir y accéder est une difficile nécessité, à laquelle les usagers doivent néanmoins s'habituer.

Les opérateurs d'autopartage Français pourraient proposer l'option de trajets à sens unique (d'après nos recherches, ce service n'existe toujours pas en France), ce qui augmenterait la flexibilité des trajets, et pourrait rendre le service d'autopartage plus attractif pour les voyageurs. Pour aller encore plus loin, des régimes de stationnement moins rigides pourraient être envisagés : le client pourrait garer le véhicule sur n'importe quelle place de stationnement public, à l'intérieur d'une région géographique donnée. Ce mode d'opération offrirait le maximum de flexibilité pour les utilisateurs. (Un exemple d'opérateur d'autopartage qui offre des trajets à sens unique est Car2Go, une entreprise Allemande qui est active à Ulm et Hamburg (en Allemagne) et à Austin, Texas (aux Etats-Unis). Depuis avril 2009, Car2Go teste également un système de stationnement flexible, avec 200 minis blanches facilement reconnaissables, distribuées dans la ville et la région de Ulm.)

2.3 Transports à la Demande (TD)

Les transports à la demande (aussi connu en Anglais comme *demand-responsive transport services (DRT)*) sont « une forme de transports en commun avancée, orientée vers les utilisateurs, caractérisée par des trajets et des horaires flexibles et le déploiement de véhicules de petite et moyenne taille fonctionnant en mode de covoiturage entre les points de départ et les points de retour demandés par les passagers. » (Commission Européenne, 2011 – traduit de l'anglais)

Les systèmes TD fournissent souvent un service de transports en commun dans les

régions rurales ou des zones de faible demande (par exemple, les régions de faible densité de logements dans ou encore les alentours des villes), où un réseau de bus traditionnel n'est pas rentable (Commission Européenne, 2011). Récemment, les services TD deviennent également populaires chez la population âgée, car ils facilitent notamment le transport de porte-en-porte (par exemple, pour des soins médicaux). Dans le langage des services de transport, les TD comblent donc l'écart entre les services de bus et les taxis. Ils servent comme moyen de limiter l'exclusion sociale (dûe à la jeunesse, à l'âge avancé, ou encore à un handicap physique ou mental).

Les TD sont souvent fournis par les autorités locales, qui perçoivent les TD comme un service de transport socialement désirable. Cependant, les TD peuvent aussi être offerts par des entreprises pour des raisons commerciales (par exemple, les services de navette à la demande dans les aéroports). (Cordeau et al., 2004)

Les TD sont donc un forme de transports en commun flexible. Cette flexibilité peut être caractérisée selon les dimensions suivantes : le choix du trajet, l'allocation de véhicule, l'opérateur du véhicule, le type de paiement et le type de passagers. La flexibilité de chaque élément peut varier: du moins flexible où toutes les variables sont fixées bien en avance du trajet (par exemple, une ligne de bus traditionnelle), à des services où tous les éléments sont à déterminer juste avant le trajet (des services complètement réactifs à la demande). (Brake et al., 2006) La figure 4 démontre les variations possibles dans le degré de sensibilité des services de transports en commun, selon les dimensions mentionnées. La sensibilité de chaque dimension est croissante de gauche à droite.

[Figure 4 : Variations dans le degrée de sensibilité des services de transports en commun (Brake et al., 2006]

2.3.1 Fonctionnement

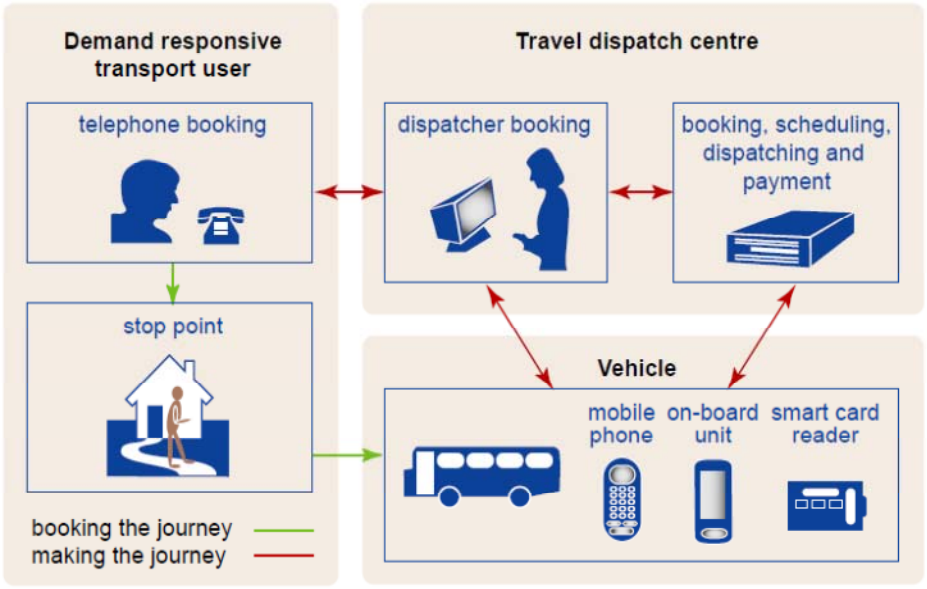
Procédures

Normalement, les transports à la demande sont disponibles à l'intérieur d'une zone géographique donnée. Le client communique avec un opérateur de service (par téléphone ou par internet) situé dans un centre de gestion des opérations, afin de demander un trajet aller-retour ou aller simple, en précisant son point de départ et sa destination. En fonction de la flexibilité du service, l'opérateur organise les trajets demandés de façon statique (le trajet est réservé bien en avance, et l'itinéraire de chaque véhicule est fixé), ou de façon dynamique (le trajet peut être réservé juste avant le départ, et les véhicules déjà engagés doivent être re-routés pour répondre à la nouvelle demande). Les itinéraires (et/ou les horaires) sont ou bien fixés à l'avance, limitant les passagers aux arrêts le long de cet itinéraire, ou bien sont établis strictement en fonction des demandes. Les services "arrêts facultatifs", par exemple, ont des points de départ et d'arrivée fixes. Quelques points intermédiaires sont également précisés, tandis que d'autres arrêts possibles ne sont couverts que si les usagers en font la demande. Les services "arrêts flexibles" ont également des points de départ et d'arrivée fixes : entre-temps, par contre, seuls les arrêts demandés sont respectés, avec parfois l'option de s'arrêter à des endroits non-usuels, comme les seuils de porte. Les offres de services peuvent aussi avoir de multiples destinations.[1] Les points de rassemblement et les horaires convenus sont communiqués au client une fois la réservation complétée. Souvent des créneaux horaires (par exemple, de 10 minutes) sont définis, et le véhicule est souvent partagé entre plusieurs passagers ayant des demandes similaires. (Brake et al, 2006)

Grâce à leur immense flexibilité et gamme d'offres de service, les services TD ont la capacité d'opéré dans une grande diversité d'environnements. (Mageean et Nelson, 2003)

La figure suivante présente un résumé du fonctionnement d'un système TD utilisant des technologies avancées (la réservation sur internet est souvent préférée à la réservation par téléphone).

[1] Voir l'annexe pour un aperçu des divers concepts d'itinéraires pour les services TD.



[Figure 5 : représentation schématique d'un système de TD (Brake et al., 2006)]

Optimisation des demandes de transport

Les fournisseurs de services TD font face à d'importantes difficultés d'optimisation, notamment lorsqu'ils cherchent à offrir des services flexibles et de qualité. Normalement, trois objectifs se mettent en conflit :

1) Maximiser le nombre de demandes satisfaites

2) Minimiser les coûts d'opération

3) Minimiser les efforts demandés aux utilisateurs

Typiquement, un arbitrage entre ces objectifs est établi en maximisant d'abord le nombres de demandes qui sont servies, tout en restant dans la limite de capacité, puis, en second lieu, en minimisant les coûts d'opération, avec une contrainte sur la qualité du service. Cet objectif de qualité se mesure à l'aide de deux dimensions : l'écart entre les horaires de ramassage et de livraison souhaités et les horaires effectifs, et la *durée de trajet superflue* ou *excédentaire* (soit la différence entre le temps minimum nécessaire pour un trajet, et la durée du trajet effectif). Le problème de minimisation du temps de trajet additionnel est particulièrement important pour les fournisseurs de services urgents. Les coûts d'opération correspondent essentiellement au nombre de véhicules, à la durée totale des itinéraires et à la distance parcourue par ces véhicules.

Les fournisseurs de services TD utilisent régulièrement des logiciels d'optimisation mathématique pour regrouper les demandes (en fonction de leur proximité géographique

et de leur concomitance), former les itinéraires (l'ordre dans lequel chaque véhicule visite les points de départs et les destinations de leur groupe de demandes) et établir les horaires (l'heure précis du passage à chaque étape). Ces procédures d'optimisation sont normalement réalisées de façon simultanée et itérative. (Cordeau et al., 2004)

Choix de la tarification

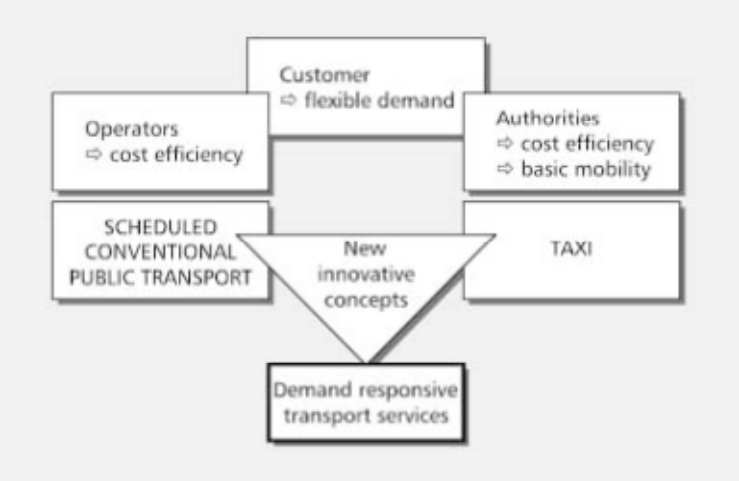
Le choix des tarifs est une question importante : après tout, l'ensemble des revenus d'un système TD se décompose simplement comme le produit du nombre de passagers par le prix moyen. Les autorités locales établissent en générale des tarifs TD en fonction de la distance parcourue (ou bien en proportion des kilomètres, ou par système de zones tarifaires). Cependant, il existe aussi des services TD qui offrent un tarif fixe. Une surcharge pour un service porte-en-porte peut être appliquée et justifiée ; néanmoins ces surcharges doivent être soigneusement expliquées, puisque normalement les clients perçoivent les services TD comme une forme de transports en commun où des tarifs « normaux » devraient être appliqués. (Brake et al., 2006)

Combler l'écart

Les services TD comblent l'écart entre le transport individuel et les transports en commun traditionnels. Dans des zones rurales ou les banlieues, les transports en commun traditionnels font face à des défis importants. Grâce à la croissance des transports personnels (croissance dans la détention des véhicules privés), les taux d'occupation dans les véhicules de transports en commun sont en diminution constante, ce qui rend ces lignes de transport peu rentables. La réaction traditionnelle a traditionnellement été de réduire la fréquence de ces services, ce qui entraîne encore une réduction dans le nombre de clients. Cependant, les clients ressentent de plus en plus fortement le besoin (et/ou le désir) d'être plus mobiles. Imposer des restrictions sur leur liberté en limitant leur mobilité (en ce qui concerne particulièrement les enfants, les plus âgés et les personnes de bas niveau socioéconomique) peut entraîner des effets néfastes pour les zones rurales, pour la durabilité des petits villages ruraux et en général pour la qualité de la vie.

Les services TD offrent la perspective d'une réduction des coûts d'opération des services de transport en commun et, en même temps, d'un mode de transport plus flexible que les modes traditionnels pour leurs clients. La figure ci-dessous présente une sommaire de l'évolution vers des concepts de transport innovants, en prenant comme point de départ les taxis et les transports en commun traditionnels. Du fait de la demande des clients pour des services de transport flexibles, les opérateurs de services et les autorités cherchent à offrir des services plus efficaces et plus rentables. En outre, les autorités publiques essaient de développer des offres efficaces qui répondent aux besoins de mobilité de tous les groupes sociaux, dans toutes les régions possibles : des services qui ne sont pas *a priori* rentables, mais pour lesquels la rentabilité n'est pas l'objectif principal du service. La conséquence de ces priorités est l'évolution vers un système de transports en commun traditionnel, supplémenté par un service de taxi très coûteux. Les services TD sont un

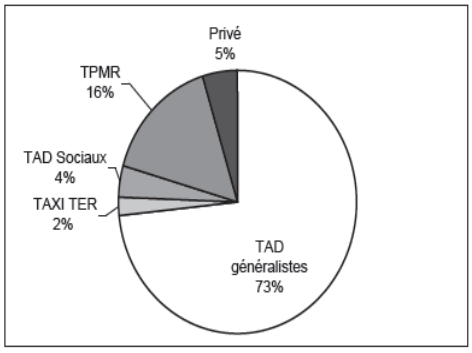
moyen de jeter un pont ces deux extrêmes, en offrant des services flexibles, à coût abordable.



[Figure 6 : Evolution à partir des transports en commun traditionnels et taxis vers les services TD (Ambrosino et al., 2003)]

2.3.3 Les services TD en France

Il existe 615 services TD en France (niveau de 2005, d'après Castex, 2007). Parmi eux, 73% sont ouverts au public, 16% sont dédiés aux personnes avec un handicap physique (TPMR – Transport de Personnes à Mobilité Réduite), et 5% sont gérés par des entreprises privés (ventilation représentée dans la figure suivante).

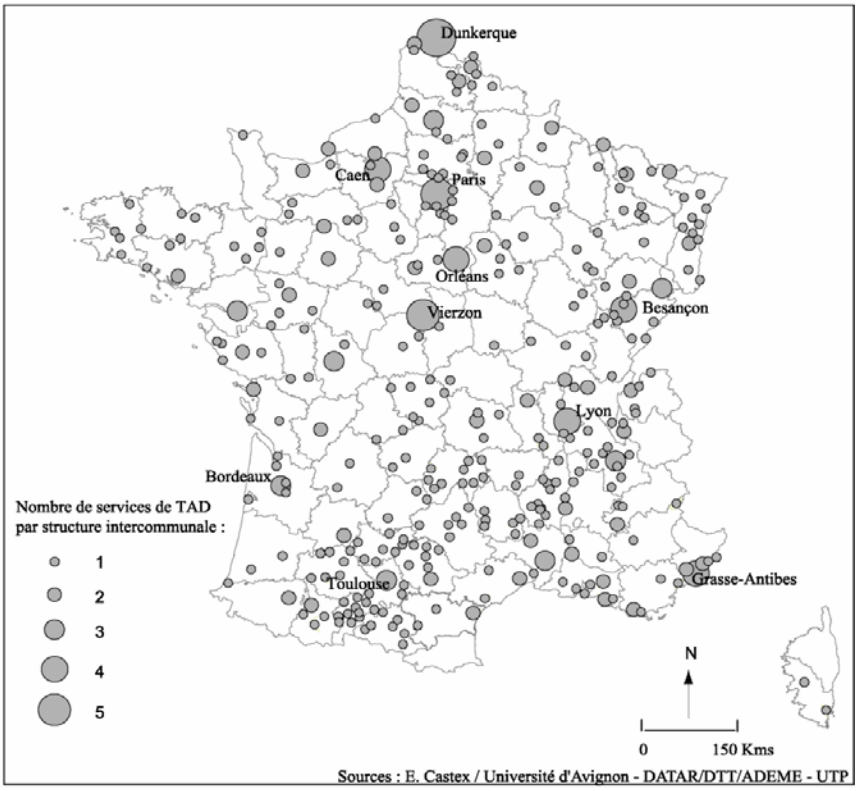


[Figure 7 : services TD en France, par type de service (Castex, 2007)]

En France il y a 7341 communes desservies par au moins un système TD (soit 20% des communes Françaises). La majorité de ces services sont déployés dans des zones rurales ou périurbaines, et connectent typiquement le centre de plusieurs villages aux nœuds de transports en commun (par exemple, les stations de train). Les zones urbaines présentent

également un niveau élevé de services TD. Ici, les services mettent l'accent sur la provision de services pour les personnes avec un handicap physique. (Castex, 2007)

La figure ci-dessous présente un aperçu de la distribution des services TD en France (à nouveau, les chiffres proviennent de données de 2005) :



[Figure 8 : services TD en France (Castex, 2007)]

2.3.4 Revue critique

Les caractéristiques et les missions des services TD peuvent être très diverses, permettant aux entreprises de transports en commun d'ajuster leur offre, et de répondre aux attentes de clients avec des conditions de mobilité spéciales. Avant d'initier un service TD, les diverses possibilités et configurations devraient être analysées en fonction de la situation locale. La conception et les choix opérationnels devraient être fondés sur :

-la typologie/géographie de la région pertinente

-les objectifs (économiques) de l'opérateur de services ou de l'autorité pertinente

-les caractéristiques des groupes de clients potentiels/prospectifs

-les types de demande de mobilité existants

Une analyse soigneuse des ces aspects est nécessaire pour définir le service et choisir le système technique approprié pour soutenir et gérer son opération. (Ambrosino et al., 2003)

Les services TD présentent une excellente opportunité de fournir des services de transports à des personnes avec un handicap physique ou financier, qui ne peuvent pas (ou choisissent de ne pas) compter sur le transport individuel. Les zones rurales, qui manquent souvent accès aux transports en commun, peuvent être rendues plus accessible et viables grâce aux services TD. De plus, les offres de services TD flexibles et attractifs pourraient réduire le transport individuel et encourager un comportement et des systèmes de transport plus durables et économes en ressources énergétiques. Les services TD semblent répondre à plusieurs des défis courants dans le secteur du transport des passagers.

Selon les conditions de la zone pertinente et le service envisagé, la rentabilité économique d'un système de TD peut être ou non atteignable. Cependant, d'un point de vue social, l'engagement des autorités à subventionner ce type de service est justifiable. Les services de transports en commun « traditionnels », plus coûteux, peuvent être réduits, en offrant simultanément aux clients des options de transport plus pratiques et flexibles.

2.4 Synthèse et conclusion

Les services de mobilité innovants, comme l'autopartage et le covoiturage, ont le potentiel de réduire la congestion et les émissions, d'améliorer l'efficacité énergétique globale de notre système de transport, et de contribuer simultanément à l'indépendance énergétique du secteur des transports et de notre économie en général. Les systèmes de transport à la demande ont un potentiel similaire, et peuvent garantir en même temps l'accessibilité des zones rurales et la liberté de déplacement pour les personnes avec un handicap physique ou financier.

Récemment, on observe une croissance dans l'intérêt porté à ces services innovants, du côté de la demande ainsi que de l'offre. La demande augmente suite à la détérioration du service offert par les transports classiques, à la sensibilisation des passagers aux problèmes environnementaux, et aussi du fait de considérations économiques de la part des clients. Des politiques publiques qui encouragent la demande de modes de transport plus respectueux de l'environnement ont déjà été partiellement mises en place afin d'augmenter « artificiellement » cette demande.

Du côté de l'offre, des nouveaux modèles d'activité ont été développés pour permettre de commercialiser ces nouveaux offres de transport. Au vu des prédictions d'augmentation de la demande, les fournisseurs anticipent des marges de profits de plus en plus

généreuses dans les années à venir, et sont donc davantage disposés à investir et à développer de nouvelles offres. Les nouvelles offres se distinguent par une flexibilité toujours croissante, grâce à l'application de nouvelles développements dans le secteur informatique et des télécommunications (par exemple, les Smartphones et autres mesures télématiques). Ces nouveaux services vont probablement accélérer l'attrait des nouveaux modes de transport, du côté de la demande.

Il faut, cependant, maintenir un perspective critique sur ces nouveaux développements. Le vrai succès et rentabilité financière des services de mobilité innovants ne peuvent être atteints qu'avec une masse critique de clients. Cela demande une grande acceptation parmi les passagers qui doivent, de leur côté, être prêts à changer leurs habitudes, leurs attitudes envers la mobilité, et leurs perceptions du transport. Aussi longtemps que les individus sont attachés à leurs voitures privées, un changement de paradigme reste difficile à réaliser. Certainement, les provisions démographiques laissent entrevoir la possibilité qu'une part croissante de la population n'ait pas accès à un véhicule motorisé. Cependant, une masse critique sera difficile à atteindre par le seul fait de changements démographiques, ou bien en regroupant seulement les groupes à sensibilité environnementale ou financièrement handicapés.

Le succès de ces services nécessitera une action vigoureuse de la part des gouvernements pour supporter le développement et l'adoption de nouveaux services de mobilité – en particulier dans des zones non-urbaines qui cherchent à offrir ces nouveaux services et à en profiter. Dans ces cas, la rentabilité financière est plus difficile à atteindre, et une masse critique est d'autant plus difficile à obtenir.

3 Le décollage des véhicules électriques

Les dernières années ont vu une augmentation persistante de d'intérêt pour les véhicules électriques. Les gouvernements nationaux et régionaux, les fabricants d'automobiles, les fournisseurs d’électricité et de services de mobilité, ainsi que les fournisseurs de ressources naturelles, se rendent tous compte du potentiel des véhicules électriques. La mobilité électrique est perçue comme un moyen d'atteindre une utilisation de ressources plus efficace dans le secteur des transports, et la promotion de systèmes de transport durables et efficaces. En plus des avantages environnementaux résultant de la réduction prévue des émissions locales et mondiales, on estime un grand potentiel pour le rebond du secteur automobile et des industries affiliées, contribuant ainsi à la croissance économique et au bien-être public. De ce fait, la mobilité électrique est perçue comme un remède à plusieurs sujets d'inquiétude publique. Des gouvernements nationaux sont donc sur le point d'établir des politiques supportrices envers les véhicules électriques, avec but de promouvoir et soutenir leur développement, ainsi que leur introduction et les infrastructures nécessaires.

Ce chapitre présente un aperçu des développements récents dans le domaine des véhicules électriques. En première instance, un résumé des divers objectifs et instruments

des politiques publiques est présenté. Deuxièmement, du côté de l'offre, nous décrivons les évolutions récentes du marché. Finalement, la majorité du chapitre dresse un état des lieux des dispositifs de déploiement existants et des projets expérimentaux dans le domaine des véhicules électriques.

Note sur le cadre de cet étude

Le terme « véhicule électrique » est récemment devenu équivoque : le domaine d'applicabilité de certaines études est devenu vague et flou. Pour éviter ce type de confusion, nous adoptons dans le cadre de ce rapport les définitions suivantes :

Le terme « véhicules électriques » (« VE », par la suite) désigne des véhicules électriques à batterie (VEB) ou des véhicules hybrides rechargeables (VHR), tous deux nécessitant le déploiement d'infrastructures (publiques) de recharge pour maintenir les batteries du véhicule. Le mot « véhicule » indique une voiture pour passagers. Les bicyclettes électriques et les scooters, ainsi que les camions électriques (par exemple, pour le fret) sont donc en dehors du cadre de cette étude.

3.1 Politiques publiques concernant le déploiement des VE

De nombreux pays ont déjà fait acte de mesures fermes dans le cadre de stratégies d'implantation de VE et d'objectifs de déploiement. Les gouvernements jouent donc un rôle clé en influençant le développement des marchés. Ils ont la responsabilité (partagée avec d'autres autorités publiques) de définir un environnement dans lequel un marché des VE peut s'étendre. Afin de comprendre le potentiel de marché des VE, il est donc essentiel de discerner les objectifs gouvernementaux et leurs mesures de stimulation. Plusieurs pays ont d'ores et déjà publié des protocoles d'entente et des accords qui définissent des objectifs de déploiement et des ensembles de mesures de stimulation, ainsi que les moyens financiers disponibles. Un analyse complète de ces mesures est en dehors du cadre de ce rapport. Cependant, les deux sections qui suivent présentent un aperçu général des objectifs de déploiement et des mesures de soutien à l'offre recensés.

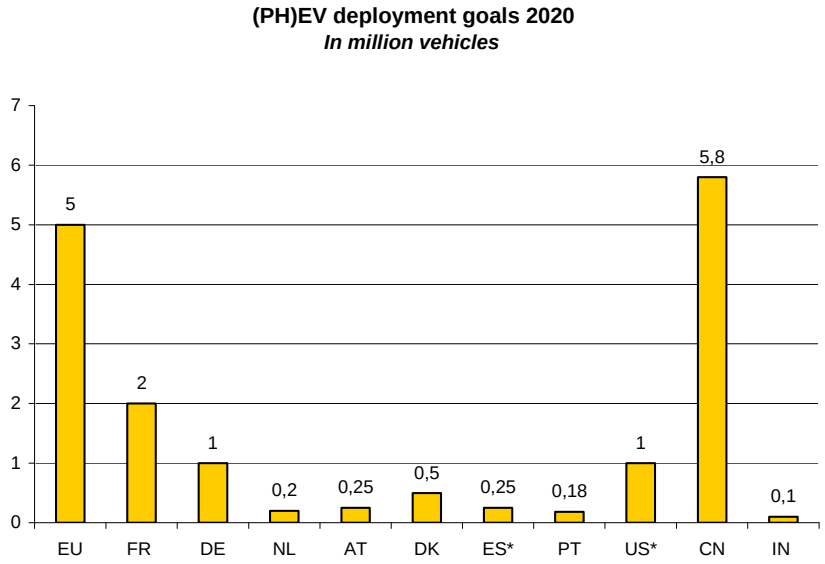
3.1.1 Objectifs de déploiement par pays

L'importance accordée aux VE n'est pas la même dans tous les pays. Les motivations nationales pour l'intérêt porté aux VE incluent : le support à l'industrie automobile ; la réduction de la dépendance énergétique ; la réduction des émissions dues au secteur des transports ; ou en général le développement de systèmes de transports efficaces. La variabilité des motivations et des objectifs propres à chaque pays se traduit par des écarts dans l'importance portée aux VE. Cependant, certains pays qui avait fait des prédictions pessimistes concernant le développement des VE (par exemple, les Pays-Bas, l'Italie), commencent à encourager activement leur développement, afin de rattraper les pays qui se sont engagés dans cette voie plus tôt (par exemple, la France, le Danemark). Un grand nombre de pays Européens ont annoncé leur intention de devenir chef de file dans le

domaine des VE. Ces pays veulent être à la pointe des développements technologiques ainsi que des développements du marché, afin de stimuler leur propre industrie et d'attirer les acteurs de l'industrie mondiale vers leur pays. Même certains pays qui n'ont pas une industrie automobile importante peuvent se positionner comme des acteurs importants dans le secteur des VE (par exemple, le Royaume-Uni, le Portugal). (Leurent et Windisch, 2011 ; Michaux, 2010)

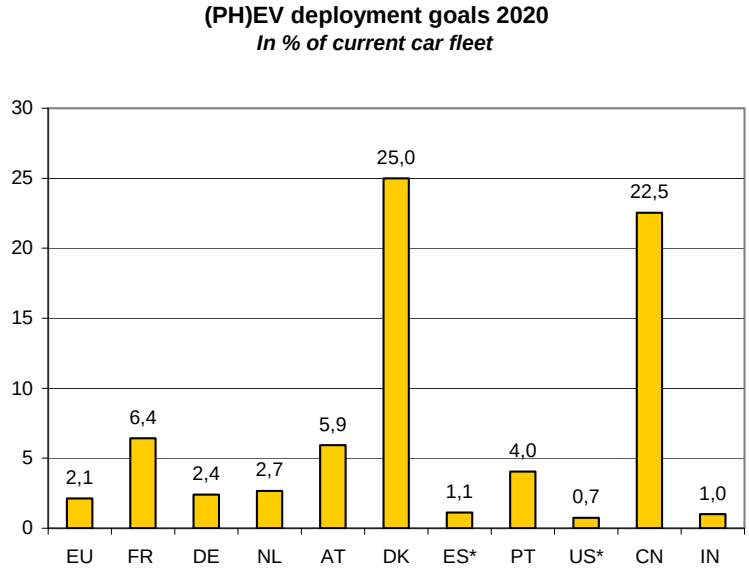
Pour prouver leur détermination à jouer un rôle de *leader* dans ce marché en expansion, plusieurs pays ont annoncé des objectifs précis de déploiement de VE. Pour atteindre ces buts, d'importants moyens financiers ont été consacrés à la recherche, à des projets expérimentaux, et même directement à l'industrie automobile (et aux fabricants de batteries). Cependant, ces objectifs de déploiement semblent en grande partie fondés sur des bases vagues et imprécises, sans aucune analyse profonde de la demande. Cette ambiguïté est compréhensible au vu de l'incertitude qui marque les modèles VE qui seront accessible aux consommateurs dans le futur. Les objectifs de déploiement donnent donc surtout une idée de la volonté et de la motivation des gouvernements à soutenir le développement du marché. Dans les années à venir, les premiers VE atteindront le marché et les objectifs de déploiement se révéleront réalistes ou non. Entre-temps, les objectifs définis vont de pair avec les fonds publics consacrés à la recherche dans les VE, ce qui en font un indicateur de la détermination des pays à encourager le développement des VE.

Le graphique suivant donne un aperçu des objectifs de déploiement pour chaque pays pour l'année 2020 (la plupart des pays se servent de cette date pour définir leur premier objectif ; à l'exception des Etats-Unis et de l'Espagne, indiqués avec un (*), qui ont défini leur premier objectif pour 2015).



[Figure 9 : objectifs de déploiement de VE pour l'année 2020, par pays (Leurent et Windisch, 2011)]

D'après la Figure 9, il est clair que la France, suivie de l'Allemagne, est au premier rang dans l'Europe par ses objectifs de déploiement de VE en terme du nombre de véhicules. Vu la taille du pays, les Etats-Unis ont un objectif relativement faible, tandis que la Chine surprend, avec un objectif de déployer 5,8 millions de véhicules. Cependant, ces objectifs de déploiement ne sont pas facilement comparables, étant donné les différentes dimensions de marché et de population de chaque pays. Il est plus intéressant de comparer ces objectifs en termes de pourcentages des flottes de véhicules existantes. (Les effectifs des flottes de véhicules existantes sont obtenus sur Eurostat 2010, et indiquent le nombre de véhicule dans chaque flotte en 2008.)



[Figure 10 : les objectifs de déploiement de VE en pourcentage de la flotte de véhicules existante (Leurent et Windisch, 2011)]

La Figure 10 donne un meilleur aperçu des objectifs réel de déploiement pour l'année 2020. Vu que les taux de pénétration actuelles des VE ou VHRs pour passagers approchent 0% dans la plupart des pays, ces objectifs démontrent des aspirations remarquables pour les années qui viennent. L'objectif du Danemark est particulièrement visible. D'ici l'année 2020, 25% du marché automobile serait composé de VE (en supposant que la taille totale de la flotte reste la même). Les années à venir diront si ce but est réaliste, ou si une révision s'avère nécessaire. Le pourcentage donné pour la Chine doit être interprété avec soin. Tandis qu'en Europe (ainsi qu'aux Etats-Unis) l'objectif décrit en termes de pourcentage de la flotte devrait être approximativement constant (parce que la magnitude de la flotte ne devrait pas changer de façon particulièrement importante), celui de la Chine pourrait changer de façon significative. En tenant compte de la hausse de la demande de véhicules (d'après certaines études, la flotte de véhicules chinoise pourrait croître d'un facteur de 10 entre 2005 et 2030 (McKinsey, 2009)), l'objectif de déploiement de 5,8 millions de véhicules constituerait un pourcentage très réduit de la flotte totale de 2020 (comptant un taux de croissance constante, ce serait environ 4%). Cependant, McKinsey (2009) affirme que si un déploiement important de VE commence en 2016, déjà en 2030 les VE pourraient compter pour 30% du marché automobile. Évidemment, il existe beaucoup d'ambiguïté concernant le marché chinois ; les divers scénarios possibles prendront plus de clarté dans les années à venir, quand davantage d'informations sur les stratégies politiques chinoises seront disponible.

Les objectifs de déploiement nationaux présentés dans les figures (cette étude n'est

certainement pas exhaustive) montrent l'intérêt et le soutien général de plusieurs pays au déploiement des VE. Dans les années qui viennent, nous aurons une meilleure idée du degré de réalisme de ces objectifs. Cependant, ces objectifs donnent une impression du soutien que les gouvernements nationaux portent au déploiement des VE. Le prochain chapitre explore avec davantage de détail les politiques déjà mises en place afin de soutenir la demande, dans ce marché en expansion.

3.1.2 Mesures de stimulation des marchés nationaux

Afin de soutenir les objectifs de développement décrit ci-dessus, la plupart des pays sont en train d'instaurer des mesures politiques pour encourager le développement d'un marché pour les VE. Ces mesures sont orientées vers les activités de recherche, vers le côté offre de ce futur marché (le développement des véhicules et des infrastructures de recharge), et vers les forces stimulant la demande (par exemple les subventions ou réductions d'impôts).

Le tableau suivant présente un aperçu qualitatif des mesures politiques introduites dans chaque pays au niveau national, en particulier les mesures qui ciblent l'encouragement de la demande et le déploiement des infrastructures. La notation (*) indique des projets spécifiques qui ne concernent pas le pays tout entier.

Measures		F	D	UK	NL	AT	DK	IT	ES	PT	US	J	CN
Encouraging EV purchase	Purchase Subsidies	++		++				++	+	+	++	+	++
	Taxation incentives		+	++	++	++	+++		+	++		++	
	Less insurance costs					+		+					
	Reduced/No parking fees			++*				+***					
	Free public transport pass					++**							
	Public procurement	++	+	++	+		+			++	++		++
Encouraging Infrastructure deployment	Subsidies for infra uptake			++							++	+	
	Public funding for infra development	++		++	+					++			
	Tax deductions for infra uptake	++			++								

[Tableau 2 : Les mesures politiques d'encouragement à la demande de VE et le développement des infrastructures dans chaque pays]

À partir du Tableau 2, on peut voir que les réductions d'impôts et les subventions d'achat sont les moyens les plus commun pour inciter à l'achat des VE. Plusieurs de ces mesures ont été introduites en conjonction avec des directives récentes de l'Union Européenne obligeant chaque pays membre de fonder leur imposition des véhicules sur les taux d'émissions. Les mesures soutenant le déploiement des infrastructures sont moins fréquentes. Évidemment, ces deux types de mesures se renforcent mutuellement, et il est donc raisonnable d'anticiper une augmentation des mesures du côté des infrastructures.

Le tableau suivant présente un aperçu plus spécifique (quantitatif) des mesures de

déploiement qui encouragent l'achat des VE. Le soutien financier accordé aux utilisateurs de VE (particuliers) est indiqué pour chaque pays. Seules les mesures effectives au plan national sont inclues. Les mesures locales ou régionales sont donc omises du tableau.

Measure	FR	D	UK	NL	AT	DK
Purchase Subsidies	EUR 5,000/veh (under the 'bonus/malus' system)		up to EUR 6000/veh (discout of 25% of list price)			
Vehicle Taxation incentives		no circulation tax for 5 years (emission + motor based, worth up to ~ max. EUR 250/year)	no circulation tax (emission based, worth up to ~ max. EUR 500/year), 5 year exemption of company car tax	no registration tax (fixed percentage of purchase price + emission based part), favourable tax deductions for employers	no registration tax (e.g. petrol cars: 2% of purchase price * (fuel consumption in litres-3))	no registration tax (105% * vehicle price up to ~ EUR 10.600 + 180% * vehicle price above 10.600)
Reduction of insurance costs					no insurance tax (motor based, max. EUR 60/month)	
Other (quantifiable examples)			London: free parking worth up to EUR 7.000/year		Vlotte project: free transport pass worth up to max. ~ EUR 600/year	

Measure	IT	ES	PT	US	JP	CH
Purchase Subsidies	refunding of up to 65% of extra EV costs	up to EUR 6.000/veh (discout of 20% of list price)	EUR 5000/vehicle (+1500 possible) for the first 5000 vehicles till 2012	tax credit up to max EUR ~6.000 ($7.500)/veh (based on battery capacity and vehicle weight)	max. ~ EUR 900/veh. (YEN 100,000)	up to EUR 6,000/veh
Vehicle Taxation incentives	no circulation tax (emission based)	no registration tax (emission based, max. 14,75% of purchase price)	no vehicle tax, no circulation tax, personal income tax allowance		no weight tax, no acquisition tax (emission based)	
Less insurance costs	50% reduction on insurance cost					

[Tableau 3 : Aperçu des mesures financières soutenant le demande pour les VE, par pays (Leurent et Windisch, 2011)]

Le Danemark est encore une fois remarquable, avec des mesures concentrées exclusivement sur les réductions d'impôts. Cependant, grâce aux taux d'imposition particulièrement élevés dans ce pays, cette mesure aura probablement un grand impact sur le comportement d'achat des Danois.

3.1.3 Conclusion

Dans les dernières années, l'intérêt porté par différents pays au déploiement des VE a grandi en importance : des objectifs précis ont été définis, des stratégies de déploiement développées et des mesures économiques mises en place. En plus des mesures économiques déjà décrites, de nombreux pays ont aussi implémenté des instruments de commandement et de contrôle (par exemple des standards de qualité et de sécurité des véhicules, et de réglementation des émissions), des instruments d'approvisionnement (par exemple, le déploiement des VE dans la flotte publique), des instruments collaboratifs (par exemple, des partenariats public-privé pour le déploiement des infrastructures), ou des instruments de communication (par exemple, des actions d'éducation ou de

marketing) qui ciblent l'adoption des VE. Des projets expérimentaux ont été initiés afin d'examiner certaines mesures politiques, le comportement du consommateur, les nouvelles technologies, les approches collaboratives des acteurs, et afin de mesurer la demande potentielle d'énergie. (Un aperçu de ces projets expérimentaux se trouve dans le chapitre 3.3.) Il est évident que les VE profitent énormément de la bonne volonté des gouvernements nationaux et régionaux, mais il reste à déterminer si ces mesures sont socialement bénéfiques.

3.2 L'offre actuelle et future de VE

3.2.1 L'offre de véhicules

Nous procédons maintenant à une descriptions des VE qui sont actuellement sur le marché, ou sur le point d'être disponibles. Chaque description présente, autant que possible, les informations sur la date de sortie du véhicule, son prix de vente, et son autonomie. La liste de véhicules n'est pas exhaustive ; cependant, elle représente bien l'étendue des modèles envisagés par les producteurs d'automobiles les plus engagés. Les véhicules sont présentés par ordre alphabétique.

BMW – Project i

Le « Project i » de BMW est un programme qui vise le développement de VE urbains légers, écologiques et faibles en émissions, qui seront vendu sous la sous-marque BMW i. Le projet compte trois phases. La première phase, la démonstration de la Mini E, sera suivie mi-2011 par un essai de la BMW **Active E** sur le terrain, un véhicule tout électrique, variante de la série Coupé BMW 1. La dernière phase est le développement de la Mega City : un véhicule électrique urbain.

La **Mini E** a été introduite sur le marché sous la forme d'un essai de terrain en juin 2009, disponible sous bail à des utilisateurs privés à Los Angeles et dans la zone New York/New Jersey (Green Car Congress, 2009a). Un deuxième essai de terrain a été initié au Royaume-Uni en décembre 2009, ou plus de 40 voitures Mini E ont été transmises à des utilisateurs privés pendant une période de six mois (Green Car Congress, 2009b). Un essai de terrain à Paris a commencé en 2010 (EDF, 2010). Une centaine de véhicules d'essai ont également été alloués à l'Allemagne : un essai de terrain à Munich a commencé en septembre 2010, avec des frais de location mensuelle de 400 €. La production en masse de la **Mega City** est prévu pour 2013 sous le nom de BMW i3 (BMWi, 2011).

Bolloré Blue Car *(aussi Pininfarina Bluecar, B0 ou B Zero)*

La Bolloré Blue Car est une petite automobile électrique conçue par le groupe de manufacture de batteries Bolloré à Quimper, en France. Sa commercialisation était prévu pour 2010, mais a été différée. La production aura lieu en Italie, sous l'enseigne des

Véhicules Electriques Pininfarina Bolloré, une joint-venture entre Pininfarina et Bolloré (voir www.bluecar.fr).

BYD E6

Contrairement aux petit VE urbains, la E6 de BYD, une entreprise Chinoise, est un break à 5 places. Sa portée est de 200 à 250 miles (320 à 400 km). Les essais de terrain ont été initiés dans la ville de Shenzhen (Chine), avec 40 véhicules en opération comme taxi. Après avoir accumulé plus de deux ans en retard (la date de sortie à été remise de 2009 jusqu'à septembre 2011), BYD n'a communiqué que très peu d'information sur la E6. BYD a l'intention de vendre la E6 aux Etats-Unis pour 35 000 $ (24 500 €), hors subventions (Hybridcars, 2011 ; PlugInCars, 2011a).

Chevrolet Volt

La Chevrolet Volt est un VHR fabriqué par la division Chevrolet de l'entreprise General Motors. La Volt est disponible aux Etats-Unis depuis mi-décembre 2010, date à laquelle elle a supplanté la Toyota Prius au titre du véhicule le plus efficace en carburant vendu dans ce pays (Bailey et Krolicki, 2010). D'après General Motors, la Volt peut parcourir de 25 à 50 miles (40 à 80 km) sur une batterie lithium-ion de 16 kWh (10,4 kWh utilisable) (Carpenter, 2010). Le prix de vente suggéré pour la Chevrolet Volt 2011 est de 40 280 $ (28 200 €), hors options, taxes ou subventions. La Volt est aussi disponible en location longue durée, avec un paiement mensuel de 350 $ (250 €) pendant 36 mois, 2 500 $ (1 750 €) à payer à l'avance, et l'option d'acheter la voiture à la fin du bail. Le modèle 2012, dont le lancement est prévu à la fin de l'été 2011, devrait être disponible dans l'ensemble des Etats-Unis et du Canada (Green Car Congress, 2010).

CODA Sedan

L'entreprise privée américain CODA Automative Inc., avec son siège social à Santa Monica (Californie), conçoit, fabrique et vend des VE et des batteries lithium-ion pouvant être utilisées par des automobiles et des systèmes de stockage d'énergie. Le premier véhicule de CODA, la CODA Sedan, est un VEB à cinq portes, pour cinq passagers, propulsé par un ensemble de batteries fournissant une puissance de 34 kWh, avec une portée annoncée de 120 miles (190 km) par chargement. Le véhicule devrait être lancé dans la deuxième moitié de 2011 (PlugInCars, 2011b).

Ford Focus Electric

La version électrique de la Ford Focus est attendue sur 19 marchés vers la fin de 2011. Cette Ford compacte à cinq portes aura une portée de 100 miles (160 km). L'entreprise Ford s'attend à lancer des versions de production sous le nom Focus Electric sur le marché américain avant la fin de 2011, et en Europe en 2012 (PlugInCars, 2011c).

Mitsubishi i MiEV

La Mitsubishi i MiEV est un VE compact à cinq portes. Il a une portée tout-électrique de 120 à 160 km (selon le cycle d'essaie). La i MiEV a d'abord été accessible pour être utilisé comme véhicule de fonction par les clients japonais de Mitsubishi en juillet 2009, et pour le grand public le 1 avril 2010. Le prix de vente au détail sur le marché japonais était initialement 3 980 000 ¥ (environ 45 000 €), taxes et subventions non incluses. La vente au grand public à Hong Kong a commencé en mai 2010, au prix de 395 000 HK$ (environ 37 000 €) et en Australie en juillet 2010 sous bail. La i MiEV peut ainsi être louée pour 1 740 A$ (1 100 €) par mois (GoAuto, 2010). La vente en Europe a débuté en janvier 2011, et Mitsubishi a annoncé qu'environ 2 500 modèles ont été expédiés, pour être vendus dans 15 pays européens (et vendus sous les noms de **Peugeot iOn** et **Citroën C-ZERO**). Le prix pour ces véhicules en Europe variera entre 33 000 € et €35 000 (Mitsubishi, 2011). Une nouvelle usine de fabrication de batteries doit être lancée en avril 2012 : Mitsubishi anticipe que sa mise en route entraînera une baisse de prix de 30% (Reuters, 2010).

Nissan Leaf

La Nissan Leaf est un VE compact à cinq portes de taille moyenne, introduit en décembre 2010 au Japon et aux Etats-Unis. La vente de la Nissan Leaf a commencé au Portugal en janvier 2011, en Irlande en février 2011, au Royaume-Uni en mars 2011, et aux Pays-Bas en juin 2011. La mise en vente dans le reste du monde devrait se faire en 2012. La quantité offerte initialement est restreinte, limitée à certains marchés et aux seuls clients qui ont réservé un modèle en ligne. Le prix de catalogue aux Etats-Unis est de 32 780 $ (23 000 €) sans options. Le prix dans les premiers pays européens où la Nissan Leaf a été lancée avoisinait les 35 000 €. Ces prix incluent le prix de la batterie (Nissan 2010).

Renault Z.E.

La Renault Z.E. (Z.E., pour *Zéro Emissions*) est un programme de voitures tout-électriques de Renault. Jusqu'à aujourd'hui, quatre modèles ont été présentés : la **Fluence Z.E.**, un saloon à cinq portes muni du système d'échange rapide de batteries « Quickdrop » compatible avec le réseaux de véhicules électriques Better Place, la camionnette **Kangoo Z.E.,** la **Twizy Z.E.**, une ultra-compacte urbaine, et la **Zoe Z.E.**, une supermini. Les meilleures informations disponibles concernent la Fluence Z.E., le premier modèle attendu sur le marché : le prix de la Fluence Z.E. est annoncé à 21 300 €, nettement moins cher que les autre VE, dû au fait que les batteries seront louées aux clients. La Fluence Z.E. sera munie d'une batterie lithium-ion de 22 kWh, permettant une portée tout-électrique de 160 km. La Fluence Z.E. devrait être mise en vente en 2011 en Israël, au Danemark, puis dans le reste de l'Europe (Renault, 2011).

Au Salon de l'auto à Genève en mars 2011, Renault a également annoncé les prix pour le modèle Twizy Z.E. La Twizy sera vendu au prix minimum de 6 990 € en Europe, hors subventions, avec la batterie louée séparément, pour 45 € par mois. L'autonomie publiée du véhicule est de 100 km (Trader-Finance, 2011).

REVA

La REVAi (ou tout simplement la RIVA), connu sous le nom **G-Wiz** au Royaume-Uni, est un micro VE fabriqué par l'entreprise indienne REVA Electric Car Company depuis 2001. Disponible dans 24 pays, plus de 4 000 véhicules REVAi ont été vendu avant la mi-2010. (Dans plusieurs pays, la RIVAi n'est pas homologuée comme une voiture, et est considérée comme un véhicule générique.) La RIVAi est un petit compact à trois portes, avec une portée d'environ 80 km. Un nouveau modèle, la **REVA L-ion**, a été lancé en janvier 2009, alimenté par une batterie lithium-ion (EcoWorld, 2011). La REVAi est disponible en Irlande au prix de 11 500 €, tandis que la REVA L-ion est vendue pour 17 500 € (Greenaer, 2011).

Smart ED

La Smart ED de Daimler est une version VEB de la voiture micro Smart Fortwo. Les essais de terrain ont débuté à Londres en 2007 avec 100 unités (disponible à la location pour 375 £ (420 €)par mois, et uniquement pour les entreprises), et ensuite à Berlin vers la fin de 2009 et aux Etats-Unis en janvier 2011 avec 250 unités – soit une faible proportion des 1 500 voitures qui doivent faire l'objet d'essais dans plusieurs villes européennes, au Canada, et sur quelques marchés en Asie. La fabrication en masse devrait commencer en 2012. La Smart ED est alimentée par 13.2 kWh de batteries ZEBRA au sodium et chlorure de nickel, donnant une portée de 135 km (Smart 2011).

Tesla

La **Tesla Model S** est un VEB de taille normale en développement chez Tesla Motors. La production des véhicules pour la vente au détail devrait commencer dès le début de l'année 2012, avec un prix de base de 57 400 $ (environ 41 000 €). Le modèle de base aura une portée de 260 km avec une seule charge complète. Des batteries supplémentaires seront disponibles avec des portées de 370 et 480 km.

La **Tesla Roadster** est une voiture de sport électrique. La Roadster est le premier VE produit en série et disponible aux Etats-Unis qui soit autorisé à parcourir les autoroutes. Depuis juillet 2010, Tesla a vendu plus de 1 200 Roadsters dans 28 pays. La Roadster est alimentée par des batteries à cellules lithium-ion et a une autonomie de 320 km. En Europe continentale, la Roadster est vendue pour un prix de base de 84 000 € (Tesla 2011).

Th!nk City

La Th!nk City de Think Global (une entreprise de VE situé à Oslo, Norvège), et son partenaire de production Valmet Automotive, est un petit VE à deux sièges capable de parcourir les autoroutes, avec une vitesse maximale de 110 km par heure et une portée tout-électrique de 160 km pour une charge pleine. La Th!nk City est maintenant vendue en Norvège, aux Pays Bas, aux Etats-Unis, en France, en Autriche, en Suisse et au

Finlande (Think, 2011). En Autriche la Th!nk City est vendu pour 35 760 €, avec une batterie lithium-ion, ou pour 44 400 €avec une batterie ZEBRA au sodium et chlorure de nickel. Il existe aussi une option de bail, disponible à 395 € par mois pour des clients privés, ou €470 par mois pour des flottes commerciales (tous prix sont inclusive de la TVA de 20%) (Think Austria, 2011).

Volkswagen E-Up

Présenté en 2009, la **E-Up!** est un concept de voiture tout-électrique de la « new small family » de Volkswagen. Alimentée par une batterie de 40 kW et une batterie lithium-ion de 18 kWh, la E-Up! a une portée de 130 km. Volkswagen s'est donné comme cible l'année 2013 pour la commercialisation de la E-Up! Volkswagen a aussi l'intention de lancer une version électrique de son modèle Golf, la **E-Golf**, ainsi que la **E-Jetta**. Cependant, ces deux modèles ne sont pas attendus avant 2014 (PlugInCars, 2010).

3.2.2 Synthèse

La section précédente a donné un aperçu des modèles de VE disponibles, ou qui le seront prochainement, et le tableau suivant présente un résumé des caractéristiques essentielles de ces véhicules. Lorsque ces données ont été publiées, les date de lancement et prix de détail anticipé sont indiqués. Dans la plupart des cas, l'autonomie du véhicule est l'autonomie annoncée par le constructeur. Il reste à vérifier que ces chiffres correspondent réellement à l'autonomie effective des véhicules mis en vente. Puisque les prix de détail varient selon le pays, les valeurs sont donnés pour les pays où le véhicule à déjà été lancé, ou bien le pays où les premiers véhicules sont attendus.

EV Model	Anticipated Market Launch	Anticipated Retail Price	Autonomy
BMWi - Mini E	June 2009 (field tests)	n.A.	180km
BMWi - Active E	mid 2011 (field tests), 2013	n.A.	160km
BMWi - MegaCity	2013	n.A.	160km
Bolloré Blue Car	end 2010 (retarded)	€ 15-25.000, 330 €/month rent	200-250km
BYD E6	September 2011	$35.000 on US market	320-400km
Chevrolet Volt (PHEV)	mid December 2010 (US)	$ 40.280, or $ 350/month lease (incl. $ 2.500 down payment)	40-80km (electric range)
CODA Sedan	second half 2011 (US)	$ 45,000	190 km
Ford Focus Electric	late 2011 (US) 2012 (Europe)	n.A.	160 km
Mitsubishi i MiEV *(Peugeot iOn or* *Citroën C-ZERO)*	2009 (Japan) 2010 (Australia) Jan 2011 (Europe)	¥ 3.980.000 (~€ 45.000) (Japan), AUS $ 1.740/month (~€ 1.270) lease (Austrialia), €33.000 to €35.000 (Europe)	120-160 km
Nissan Leaf	Dec. 2010 (Japan, US), Jan 2011 (Portugal), Feb 2011 (Ireland), March 2011 (UK), 2012 (global)	€ 35,000 (Europe)	160 km
Renault Fluence Z.E.	2011 (Israel, Europe)	€ 21.300 + € 79/month battery lease	160km
Renault Twizy Z.E.	fin 2011	€ 6.990 + € 45/month battery lease	100km
Renault Kangoo Z.E.	fin 2011	€ 20.000 (excluding VAT) + €72/month battery lease	160km
Renault Zoe Z.E.	fin 2011	n.A.	160km
REVAi (G-Wiz)	2001	€ 11.500	80km
REVA L-ion	2009	€ 17.500	120km
Smart ED	early 2012	~ € 20.000	135km
Tesla Model S	early 2012 (US)	$ 57.400 (US)	260km
Tesla Roadster	2008 (US) May 2009 (Europe)	$ 84.000	320km
Th!ink City	end 2009	€ 35.760 (l-ion battery) € 44.400 (Zebra battery) € 395/month (private) €470/month (business) lease	160km
Volkwagen E-Up	2013	n.A.	130km

[Tableau 4 : aperçu des modèles de VE (existants ou anticipés) et leur caractéristiques principales]

3.2.3 Provision d'infrastructures

De nombreux entreprises ont déjà conçu et développé une variété d'installations pour permettre le rechargement des VE (Schneider Electric et Coulomb Technologies sont deux exemples connus). Leur gamme de produits inclut des appareils à usage public ou privé, à installer directement dans la rue ou ailleurs, partagés ou individuels (les installations peuvent ne fonctionner qu'avec un seul véhicule), et à accès libre ou restreint. Ces produits sont en phase d'introduction sur le marché : il est donc difficile d'obtenir les prix, et ceux-ci devraient varier de toute façon en fonction de l'usage et des besoins spécifiques de ces infrastructures. Afin d'obtenir une idée des coûts éventuels, le Tableau 6 présente un aperçu des prix de détail anticipés des stations de charge *normales* (le temps demandé pour une charge se situe entre 6 et 8 heures, en fonction de la batterie). Les coûts d'installation et d'équipement sont notés séparément. Le Tableau 5 présente la terminologie. (Des indications de prix pour des rechargements rapides et des stations d'échange de batteries sont présenté dans ce qui suit.)

Terminology for charging point types/locations	
Public	For use by the general public. On-street or off-street in municipal or other publicly accessible car parks (e.g. supermarkets)
Restricted Access (RA)	Use of charging points restricted to subscribers
Open Access (OA)	For use by any EV owner (also non-subscribers)
Shared	For open access, for use by subscribers (e.g. to a neighbourhoods network) or for shared use in workplaces or residential developments

[Tableau 5 : Définitions pour la terminologie d'infrastructures (TfL, 2010)]

Item	COST £ (approx)					
	Restricted/open access		Charging point type			
	Restricted	Open	A On-street Public Shared RA	B Off-street Public Shared RA/OA	C Off-street Private Shared RA/OA	D Off-street Private Not-shared OA
Charging point equipment	3,500	500	3,500	3,500/500	3,500/500	0-500
Charging point installation	1,000-1,500	500	1,500	1,000/500	1,000/500	0-500
Feeder pillar equipment	500	0	500	500/0	500/0	0
Feeder pillar installation	300-500	0	500	300/0	300/0	0
Connection mains – feeder pillar	1,000-1,500	0	1,500	1,000/0	1,000/0	0
Connection/commissioning feeder pillar – EVCP	500	0	500	500/0	500/0	0
Road signs	100-200	100	200	200/100	100	0
Bay road markings	200-500	200	500	200	200	0
EVCP branding and logos	0-200	0	200	200/0	0	0
Traffic management order	0-500	0-500	500	500	0	0
Total Cost £ (approx)	**7,100-9,400**	**1,300-1,800**	**9,400**	**1,800-7,900**	**1,300-7,100**	**0-1,000**

[Tableau 6 : Indications de coûts pour l'équipement et l'installation des infrastructures pour VE (TfL, 2010)]

Les stations de recharge rapide, pouvant réduire de façon significative le temps nécessaire pour charger une batterie (qui peut descendre jusqu'à 20 minutes seulement), sont plus coûteuses. Puisque ces stations ont besoin de davantage de puissance, leur installation est souvent accompagnée d'une modernisation du réseau électrique. Dans leur étude, Lidicker et al. (2011) estiment le coût moyen d'une station de charge domestique à environ 2 650 $ (1 950 €), et d'une station publique ou commerciale à environ 7 500 $ (5 550 €). Ils ne proposent pas d'estimation du coût d'une station de charge rapide, mais une fourchette raisonnable est entre 30 000 $ et 35 000 $ (entre 22 200 € et 25 900 €).

Les **stations d'échange de batteries** sont aussi en voie de développement, permettant l'échange de batteries déchargées contre des batteries rechargées. D'après Lidiker et al. (2011), le coût d'une telle station est d'environ 800 000 $ (550 000 €). On peut cependant remarquer que ces coûts pourraient varier localement, entre 500 000 $ et 1 000 000 $ (350 000 € et 700 000 €). Le coût des stations d'échange devrait également décroître à mesure que les constructeurs accumulent de l'expérience. Les coûts de maintenance des stations d'échange sont estimés à environ 30 000 $ (22 200 €) par station et par an. Évidemment, ces chiffres ne sont qu'une indication sommaire des prix qui finiront par s'établir, en particulier pour les stations d'échange de batteries, qui n'ont pas encore été commercialisées.

3.3 Projets et expériences de déploiement de VE

Ce chapitre présente une sélection de projets visant à démontrer le déploiement de VE. Dans certains endroits, ces projets visent à réduire l'impact environnemental du secteur des transports ; dans d'autres leur but est plutôt de tester et d'évaluer différents types

d'implémentation de VE. Le comportement des consommateurs et l'enthousiasme soulevé par différents véhicules sont analysés, des prévisions de demande sont établies d'après les résultats des projets, et les technologies sont testées et évaluées. Enfin, les essais de déploiement permettent aussi aux constructeurs de lancer les VE sur le marché.

Plusieurs projets et expériences intéressants sont présentés dans ce qui suit, chacun ayant des caractéristiques différentes. Ces exemples ne représentent certainement pas une liste exhaustive : en 2009 et 2010 en particulier, de nombreux projets de déploiement ont été lancés, la plupart en collaboration avec des fabricants de véhicules, afin de tester leurs nouveaux développements.

3.3.1 L'adoption des VE en Israël avec Better Place[2]

En janvier 2008, Israël est devenu le premier pays à s'engager sur une infrastructure pour les véhicules tout-électriques, avec l'annonce d'un partenariat avec *Better Place* (un fournisseur et opérateur d'infrastructures pour VE) et l'alliance Renault-Nissan. Israël est perçu comme un candidat idéal pour l'adoption des VE: ce pays a une étendue géographique limitée, tous les centres urbains importants sont à moins de 150 km les uns des autres, et 90% des automobilistes conduisent moins de 70 km par jour. Le pays impose des taxes importantes sur le carburant, et mène des politiques économiques encourageant les consommateurs à acheter des véhicules à zéro émissions. De plus, Israël est muni d'un secteur d'énergie solaire en expansion, qui profiterait de ce nouveau marché important. L'introduction des VE s'accorde avec l'objectif national de mettre fin à la dépendance énergétique d'ici 2020.

Le déploiement du réseau d'infrastructures a commencé dans plusieurs municipalités, y compris Tel Aviv, Haifa, Kefar Sava, Holon et Jérusalem. Des infrastructures de charge ont été prévues et installées dans chaque parking. En juillet 2009, le plus important groupe de centres commerciaux, Israël Malls, a signé un accord avec *Better Place* pour installer des points de charge dans les parkings des centres commerciaux (Israël Malls a un réseau de 17 centres). En août 2009, un accord a été signé avec Israël Railways, permettant l'installation de points de charge dans les parking des gares ferroviaires. Un accord avec la ville de Jérusalem prévoit, dans sa phase initiale, l'installation de 100 stations de charge dans les rues importantes de la ville et près des infrastructures publiques (dès octobre 2009). Au total, plus de 50 entreprises importantes se sont déclarées partenaires du projet. Ces entreprises ont permis à *Better Place* d'installer des infrastructures de charge dans leurs locaux, et en même temps sont devenues les premiers clients de VE pour leur flotte commerciale.

À ce jour, plus de 1 000 points de charge ont été installés. Au total, entre 50 000 et 70 000 points de charge et 70 stations d'échange de batteries doivent être déployés. Les

[2] Toutes informations obtenues de Better Place (2011)

coûts pour le projet complet d'infrastructure devraient se situer entre 150 et 200 millions de dollars (entre 35 000 € et 49 000 €). Avant 2016, environ 100 000 VE (du modèle Renault) devraient être vendus.

Le fonctionnement du système *Better Place*

Afin de comprendre les rouages du projet de déploiement déploiement et d'adoption des VE à l'échelle nationale, il est important de décrire les services et infrastructures mis en place par *Better Place*.

L'entreprise *Better Place*, fondé en 2007 (siège à Palo Alto, Californie), fabrique et opère des infrastructures pour VE, ainsi que des systèmes qui optimisent leur accès et leur consommation d'énergie sur une zone donnée. Souscrire à leur service permet aux conducteurs d'accéder à un réseau de points de charge, de stations d'échange de batteries et de systèmes qui permettent un usage efficace de VE et en même temps minimisent l'impact environnemental et les coûts supportés par le client. *Better Place* ne s'appuie pas sur des subventions publiques, mais finance ses infrastructures au moyen d'investissements privés. En lien avec ses partenaires, *Better Place* fournis les produits et les services suivants :

-*VE et batteries*

Better Place travaille principalement en collaboration avec l'alliance Renault-Nissan afin de fournir des VE à ses clients. Le modèle Renault Fluence Z.E. est le premier à être déployé.

En plus, *Better Place* collabore avec des fabricants de batteries et de véhicules (entre autres, Renault, A123Systems, AESC) pour développer des batteries lithium-ion pour VE. Le modèle d'activité prévoit que les batteries ne sont pas la propriété des clients mais celle de *Better Place* (ou bien le fabricant des batteries, le fabricant du véhicule, ou un groupement de ces entités). Ceci permet aux conducteurs de VE d'échanger leurs batteries dans des « stations d'échange de batteries » (voir ci-dessous).

-*Infrastructure de charge et maintenance*

Better Place développe, installe et gère des réseaux de points de charge pour VE. Les clients reçoivent une borne de charge personnelle pour leur maison/leur garage (s'ils ne possèdent pas déjà un équipement similaire) : cette borne est leur point de charge habituel. De plus, *Better Place* installe des points de charge dans des lieux de travail, dans des parkings publics et dans certaines grandes rues.

Afin d'étendre rapidement et de façon fiable la portée de chaque batterie pour VE, Better Place installe également dans son réseau des stations d'échange de batteries. Ces stations sont munies d'un système robotique ingénieux qui échange les batteries vides contre des batteries chargées, refroidit et recharge les batteries dans son inventaire, et gère la

logistique nécessaire pour assurer que chaque VE reçoit une batterie chargée chaque fois que le véhicule arrive à une station. *Better Place* travaille en tandem avec les fabricants d'automobiles pour garantir que les VE et les batteries fournies par les stations d'échange sont compatibles.

Better Place s'engage également dans la gestion et le maintenance de l'infrastructure de charge. Tous les points de charge sont surveillés et maintenus de façon continue.

-Infrastructures de communication

Tous les points de charge sont équipés de systèmes de communication qui permettent le transfert de données vers les centre d'opération du réseau. Les clients et les services publics reçoivent des données en temps réel, ce qui garantit un nombre de services : les clients peuvent planifier leur itinéraire en tenant compte des stations de charge et des possibilités d'échange de batteries ; en même temps, les services publics peuvent optimiser la production d'énergie en modulant la séquence de recharge des VE, et profiter ainsi des moments hors-pointe. Une plate-forme informatique relie les véhicules à un centre d'opération du réseau, permettant un nombre de services pour les automobilistes :

-surveillance de l'énergie (par exemple, alerter les conducteurs en cas de faible charge du batterie)

-planification de l'énergie (par exemple, permettre aux conducteurs de planifier leur itinéraire, comprendre leur portée ou autonomie, et leur permettre d'anticiper le moment auquel ils auront besoin d'une recharge)

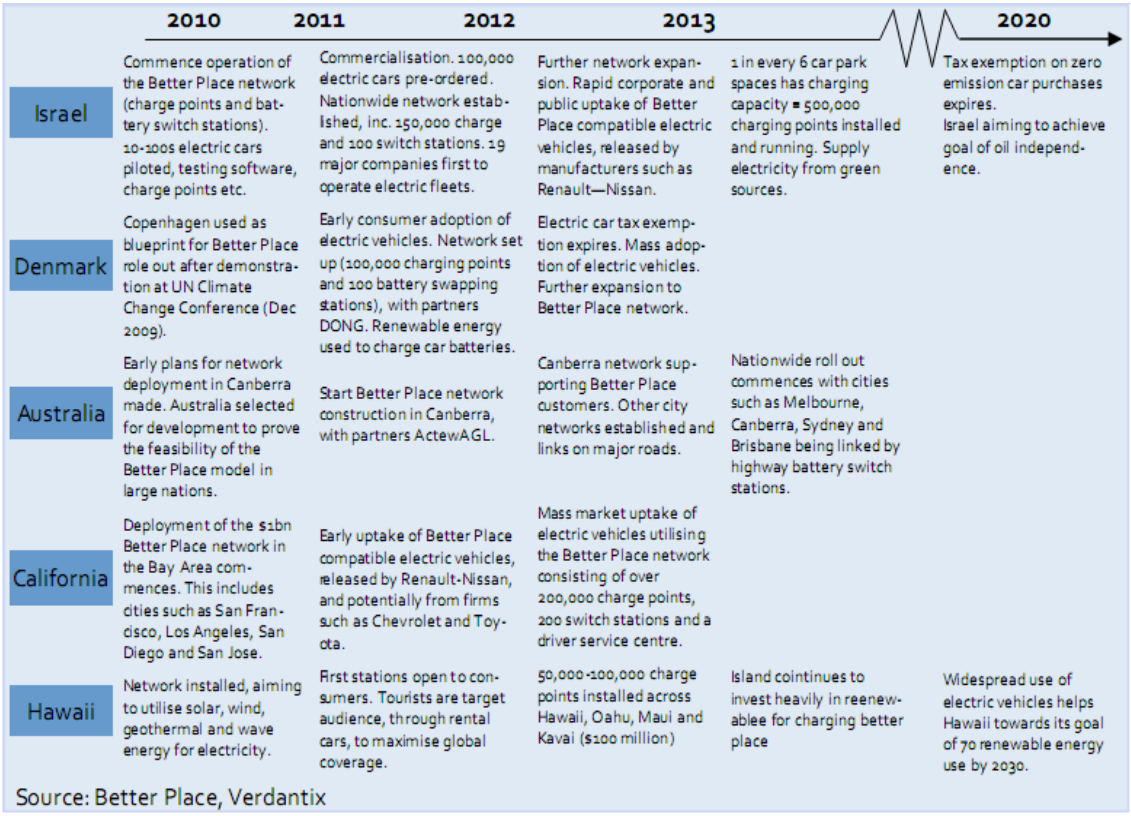
-services et soutien (par exemple, directions en-route vers la station d'échange ou de rechargement la plus proche et diagnostic des anomalies en temps réel)

- charge et échange de batteries (ce qui inclut un service d'information autour du processus de recharge: priorité des charges, gestion du processus d'échange de batteries)

Le système de communication permet également à *Better Place* de surveiller toutes les batteries du réseau (celles qui sont dans les véhicules ainsi que celles qui sont dans des stations d'échange), et de rassembler les données concernant l'état de charge et la demande d'énergie anticipée pour chaque batterie. Le logiciel du réseau VE communique ces données aux services publics partenaires en temps réel, leur permettant d'optimiser l'allocation d'énergie en fonction de leurs réserves et de la demande des automobilistes. Les services publiques peuvent donc utiliser les VE comme un système de stockage d'énergie, tout en répondant aux attentes des automobilistes en termes de prix et de temps de charge.

Better Place est également actif dans l'installation de réseaux d'infrastructures VE dans plusieurs autre pays. En plus d'Israël, l'entreprise est engagée au Danemark, en Australie, aux Etats-Unis (Hawaii et Californie), au Canada et au Japon (où un projet de taxis VE a

été lancé à Tokyo). Le graphique suivant présente un aperçu des projets de déploiement de VE dans ces pays.



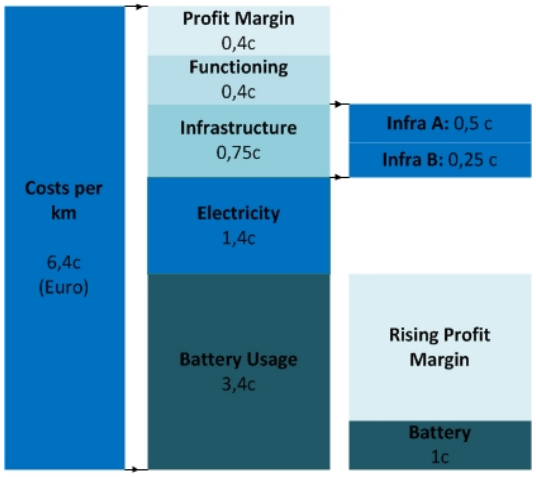
[Figure 11 : Chronologie du déploiement de Better Place dans plusieurs pays]

Coûts et rentabilité du système

L'analyse de rentabilité du modèle *Better Place* présente un aperçu des dimensions économiques d'un système de mobilité électrique intégré. Plusieurs pays semblent avoir adopté un vision semblable de la mobilité électrique, et tentent de développer des systèmes intégrés qui optimisent en même temps l'utilisation des véhicules et de l'énergie disponible (par exemple le Portugal, voir le projet MOBI.E décrit dans le chapitre 3.3.5).

Nous n'avons pas encore mentionné les coûts supportés directement par les clients. Plusieurs études ont proposé des systèmes de prix pour les abonnés (en vue d'application, par *Better Place* ou par un fournisseur de service indépendant). Une étude datée de décembre 2010 (EcoTechnologies 2010) tente d'élaborer un schéma de prix rentable pour un modèle de type *Better Place* (les utilisateurs seraient facturés par kilomètre, afin de couvrir les coûts d'électricité, d'usage de la batterie, de fourniture de l'infrastructure et des technologies informatiques). Les prix qui résultent de ces estimations, permettant un

modèle d'entreprise rentable d'après cet étude, sont présentés dans la figure ci-dessous (les valeurs sont traduites du dollar à l'euro en utilisant un taux d'échange de 1 $=0.755 €).



[Figure 12 : estimation du prix par kilomètre (basé sur EcoTechnologies 2010)]

Il est clair que les coûts de la batterie, ainsi que les coûts pour l'électricité, composent une grande partie des coûts par kilomètre. Les coûts pour l'infrastructure sont divisés en deux groupes : « Infrastructure A » regroupe les coûts de base (infrastructure de recharge à domicile, et une station de charge de proximité par véhicule), tandis que « Infrastructure B » comprend les infrastructures (optionnelles) qui étendent la portée des VE, c'est-à-dire les stations d'échange de batteries. D'après cet étude, un prix par kilomètre de 0.064 € permet une marge de profit de 0.04 € pendant les premières années. Avec une augmentation de demande et une baisse du coût des batteries déployées, la marge de profit pourrait s'élever à 0.028 € par kilomètre « vendu » (c'est a dire les kilomètres parcourus par des abonnés du système). Une autre possibilité serait une baisse du prix pour les utilisateurs finaux. Si oui ou non une telle offre peut être rentable pour les clients dépend fortement des hypothèses sur le prix du carburant (local) et sur le prix du VE sans batterie.

Lidicker et al. (2011) analysent la rentabilité d'un modèle comme celui de *Better Place* (déploiement de stations d'échange de batteries inclus) pour la baie de San Francisco. D'après leur étude, un tel système n'est rentable que si les utilisateurs de véhicules traditionnels sont confrontés à une hausse énorme du prix du carburant.

3.3.2 Le projet VLOTTE en Autriche[3]

Depuis août 2009, le projet de démonstration de VE VLOTTE se déroule dans le Vorarlberg, la région la plus à l'ouest des neuf provinces d'Autriche. Il s'agit de la région de test de VE la plus étendue en Europe. En 2008 le Austrian Climate and Energy Fund a choisi le Vorarlberg comme région modèle pour la mobilité électrique, et a consacré 4.7 millions d'euros pour son développement. Séparé géographiquement des autres provinces par un massif à l'est, le Vorarlberg compte 370 000 habitants sur 2 602 km². Le cœur de cette région est la section vorarlbergeoise de la vallée du Rhin : 80% de la population est concentrée dans 11% de la superficie de la province. Une caractéristique de la Vallée du Rhin est sa faible densité de population combinée à une structure d'habitation homogène : c'est un paysage d'étalement urbain. En dépit d'une utilisation des transports en commun relativement forte, beaucoup d'individus dépendent néanmoins de la mobilité automobile individuelle.

Fonctionnement

En 2009, cent VE ont été distribués afin d'acquérir des informations sur la consommation, l'autonomie, les coûts de service et les différentes technologies de batterie. Les véhicules ont été attribués à un groupe exclusif : 40 sont parties dans des entreprises, 40 vers des organismes publics ou entreprises à but non-lucratif, et 20 alloués à des utilisateurs privés. Les clients ont ensuite l'option d'acheter une « carte de mobilité » pour environ 500 € par mois (le prix varie selon le type de véhicule). En plus du prix de location de la voiture, cette carte inclut les coûts de maintenance des parties électriques de la voiture, une carte d'abonnement système de transports en commun ferrés du Vorarlberg, et accès sans frais aux stations de recharge publiques. Au bout de quatre ans, le client devient propriétaire de la voiture en payant 25% du prix initial. Les clients VLOTTE reçoivent également un abonnement gratuit à ÖAMTC (l'association automobile d'Autriche) pour les années 2009 et 2010.

Partenaires du projet

Le groupe Vorarlberg Electric Vehicle Planning and Consulting Corporation est principalement responsable pour l'exécution du projet VLOTTE, et sert de point de contact pour les divers partenaires nécessaires au succès du projet. La participation particulièrement collaborative de tout les intervenants est une caractéristique unique de ce projet.

Vorarlberg a atteint un niveau de coopération sans précédent parmi ses partenaires importants, afin d'assurer la réussite du projet. La liste suivante présente les partenaires impliqués dans le projet, et leur responsabilités principales :

[3] Ces informations proviennent de VLOTTE (2011) et TU Wien (2010).

Institution	**Contribution au projet**
illwerke vkw	Fournit les infrastructures nécessaires (stations de charge), assure la provision d'énergie neutre en carbone avec des installations photovoltaïques.
Gouvernement fédéral du Vorarlberg	Coordonne la gestion de la mobilité afin d'optimiser les interdépendances avec le réseau de transports en commun .
Réseau de transports en commun de Vorarlberg	Fournit à chaque client VLOTTE un abonnement ferroviaire, permet la construction de stations de charge dans les parcs relais, teste un réseau de bus électriques .
Energy Institut Vorarlberg	Responsable pour la surveillance des émissions CO_2, dirige des campagnes pour promouvoir les économies d'énergie, sensibilise la population vorarlbergeoise au développement durable.
Vorarlberger Landesversicherung (Assurance)	Fournit une offre d'assurance tous risques (responsabilité civile, assurance collision et assurance de la batterie).
ÖAMTC (association automobile d'Autriche)	Fournit à chaque client VLOTTE un abonnement gratuit ainsi qu'une assurance pour les accidents et pannes, si nécessaire des services en cas de panne et des véhicules de remplacement.
Raiffeisen Leasing GmbH	Partenaire responsable des locations longue-durée, optimise la gestion des contrats.
Technical University Vienna	Supervise le projet VLOTTE, avec une surveillance extensive des véhicules et de la charge, développe des scénarios logistiques de chargement, dirige des tests de la gestion d'énergie.
Partnaires de service	Fournissent des services nécessaires aux véhicules
ReffCon GmbH, importeur de véhicules electriques Th!nk pour l'Autriche	Point de contact pour les concepts électriques, service de consultation pour le financement national ou international l'approvisionnement, et le marketing

Véhicules

Différents véhicules sont proposés aux participants. Les véhicules suivants ont été mis en service (certains ont été ré-équipés avec des moteurs électriques) :

-*TH!NK* avec une batterie ZEBRA : portée : 120-180 km, vitesse maximale : 100 km/h (représente la majorité des véhicules VLOTTE)

-*Renault Twingo* : portée : 135 km, vitesse maximale : 120 km/h

-*Fiat Panda* : portée : 130 km, vitesse maximale : 110 km/h

-*Fiat 500* : portée : 130 km, vitesse maximale : 100 km/h

Sources d'énergie

Dans le projet maquette VLOTTE, tout l'énergie nécessaire pour alimenter les véhicules est fournie par des sources renouvelables dans la région. Les véhicules VLOTTE fournissent des services de mobilité à bilan carbone neutre. Cette énergie provient en majorité de panneaux solaires érigés spécifiquement pour ce projet.

Charge et infrastructures de charge

Les VE engagés pour ce projet peuvent être chargés sur n'importe quel prise électrique. Le fournisseur d'électricité régional propose des tarifs avantageux pendant la nuit, afin d'encourager les participants à charger leur véhicules à ce moment-là. Pour ces véhicules, une charge prend en moyenne 7 à 8 heures. Si un courant tri-phasé est disponible, ce temps est fortement réduit. Chaque participant VLOTTE peut également charger son véhicule gratuitement sur le réseau de recharge du Vorarlberg (qui compte à présent 57 stations, et continue de croître), en Allemagne, en Suisse ou au Liechtenstein. L'infrastructure des stations de charge s'est étendue de façon importante en 2009. Dans une première phase, de nouvelles stations ont été installées près des gares ferroviaires de banlieue. Une deuxième phase a ciblé des points centraux et proches des clients des 100 premiers VE. Tout comme les véhicules, les points de charge sont tous équipés de compteurs qui permettent d'analyser la demande d'énergie à chaque station. Fondé sur ces données, le réseau de charge devrait également être élargi en 2010, par étapes : l'expansion portera en priorité sur les endroits qui ont enregistré la plus forte demande.

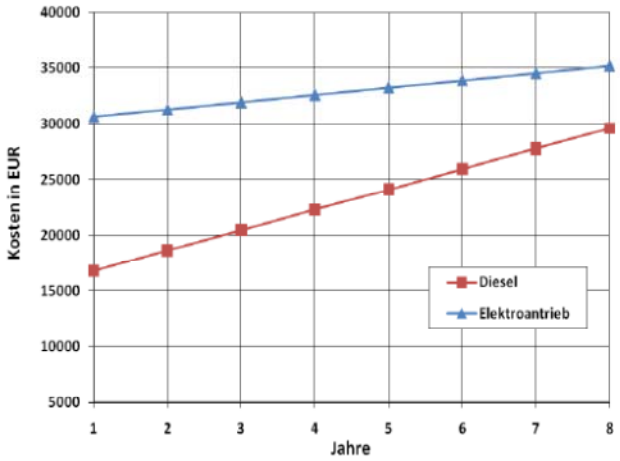
Résultats et vision

Le projet VLOTTE est suivi dans des études scientifiques menés par la Technical University of Vienna et le Energy Institute Vorarlberg. Les clients du projet publient périodiquement un compte rendu de leur usage. Une fois par mois, ils rassemblent des données sur le nombre de trajets, les distances parcourues, le temps passé à charger les batteries, la consommation, l'autonomie, le coût des services et l'usage de l'infrastructure de recharge. Dans ce qui suit, certains résultats du rapport final de la Technical University of Vienna sont esquissés (voir TU Wien, 2010).

Analyse économique – véhicules

Les résultats de l'analyse économique concluent que la forte demande de VE est principalement due aux subventions dont fait l'objet le prix de ces véhicules. Grâce à ces subventions, les coûts mensuels pour le consommateur sont similaires aux coûts des véhicules non électriques. Comparant uniquement les coûts de circulation, les VE fournissent deux fois la portée d'un véhicule diesel conventionnel, à dépense identique. Cet avantage devrait croître avec l'augmentation du prix du diesel et l'expérience des utilisateurs de VE, ce qui diminuera éventuellement la demande d'énergie. Néanmoins, le

coût d'achat très élevé des VE limite l'impact de cette économie. La figure qui suit démontre les coût cumulés à travers les années pour un VE (en bleu) et une voiture conventionnelle comparable (en rouge). Sur le côté se trouvent les hypothèses sur lesquels ces calculs ont été faites. Ces hypothèses se montrent partiellement optimistes vis-à-vis des VE. Par exemple, les données pour la consommation de diesel semblent un peu pessimistes pour les années à venir (au lieu de 7 L/100 km, 3 ou 4 L/100 km serait plus approprié), et les coûts de maintenance pour le véhicule conventionnel semblent un peu élevés.



Diesel Vehicle:

Investment Costs: € 15.000

Maintenance Costs: € 900/year

Fuel Costs: € 1,1/Litre

Consumption: 7L/100km

Electric Vehicle:

Investment Costs: € 30.000

Maintenance Costs: € 150/year

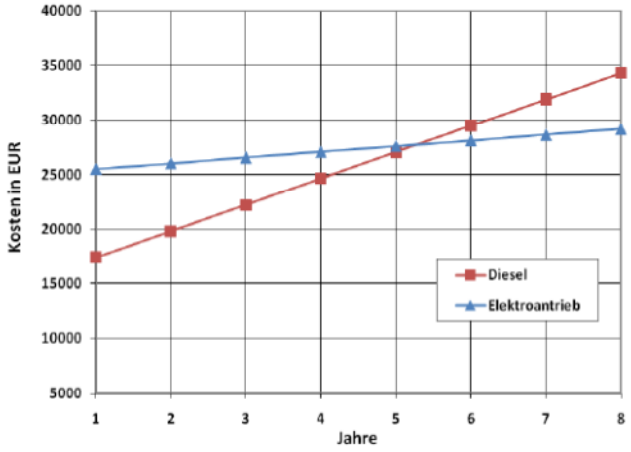
Fuel Costs: € 0,18/kWh

Consumption: 23kWh/100km (based on experiences with the Fiat 500)

Yearly Mileage: *12.000 km*

[Figure 13: coûts cumulés pour un VE et une voiture conventionnel, avec des paramètres actuels (TU Wien, 2010)]

La Figure 13 montre que, même après huit ans d'utilisation, le véhicule diesel est plus rentable. Avec d'autres paramètres, la figure suivante montre un scénario possible : le prix du diesel est plus élevé, les coûts d'investissement sont plus bas et la demande d'électricité est diminuée grâce aux effets d'apprentissage. On peut remarquer que le seuil de rentabilité est franchi au bout de cinq ans.



Diesel Vehicle:

Investment Costs: € 15.000

Maintenance Costs: € 900/year

Fuel Costs: € 1,8/Liter

Consumption: 7L/100km

Electric Vehicle:

Investment Costs: € 25.000

Maintenance Costs: € 150/year

Fuel Costs: € 0,22/kWh

Consumption: 14kWh/100km

Yearly Mileage: *12.000 km*

[Figure 14 : coûts cumulés pour un VE et une voiture conventionnelle, dans un scénario futur possible (TU Wien, 2010)]

Le rapport avance également que les calculs concernant les scénarios futures devraient prendre compte des coûts de réduction d'émissions de dioxyde de carbone et des politiques d'incitations fiscales, qui devraient être favorables aux VE : ces considérations pourraient améliorer l'attrait des VE. De telles mesures sont probables, dans la mesure où la transition vers des transports durables entraînerait des avantages économiques supplémentaires pour l'Autriche (grâce à l'essor d'activités domestiques à forte valeur ajoutée dans le secteur des sources d'énergie renouvelables).

Analyse économique – infrastructure

Les coûts de l'infrastructure de recharge varient énormément, du fait des différents concepts, configurations et types de collecte d'information mis en œuvre. Par exemple, le rechargement peut avoir lieu tout simplement sur une prise domestique dans un parking privé à la maison ou au lieu de travail, et ce type d'infrastructure demande très peu d'investissement. Des stations de charge publiques sont évidemment plus coûteuses. Leur

coût précis dépend de l'énergie disponible, du nombre de prises disponibles, de la distance entre la station et le transformateur le plus proche (et des difficultés à enterrer les câbles), et des interfaces de communication nécessaires pour assurer identification et paiement. Jusqu'à présent, seuls les coûts moyens par journée d'usage de VE peuvent être estimés. Ces coûts s'élèvent à 1.5 € par journée d'utilisation (soit 0.18 €/kWh * 36.32 km/jour * 23.06 kWh/100km = 1.5 €/jour). Afin de couvrir les coûts d'investissement, il est probable que le prix de l'énergie soit augmenté artificiellement par les stations de charge publiques. Cependant, il est probable que la rentabilisation des coûts d'investissement pour les systèmes complexes peut pas être assurée par les seules activités de recharge.

Au vu de ces résultats, une plus longue période d'observation et/ou un plus grand nombre de véhicules déployés serait nécessaire afin d'obtenir des recommandations concernant l'emplacement des infrastructure de charge. Ceci permettrait une meilleure gestion des pics de demande locaux. Jusqu'à aujourd'hui, seulement cinq stations publiques (sur presque 60) ont affiché une rentabilité satisfaisante, les infrastructures de recharge privées étant largement suffisantes pour satisfaire la demande. Au final, 90% du chargement était réalisé sur le lieu de travail (la plupart des véhicules étaient distribués parmi des entreprises).

Analyse de l'usage et du comportement de recharge

Grâce aux données collectées par GPS, le déplacement des véhicules et leur stationnement peuvent être analysés. Un total de 1816 heures ont été observées, parmi lesquelles les véhicules étaient en stationnement pendant 1774 heures. Les voitures était branchées au réseau électrique pour tout sauf 8% de ce temps de stationnement. Ces 8% incluent, néanmoins, 64% de tout les arrêts. Pour des durées de stationnements inférieures à 30 minutes, moins de la moitié des arrêts se font à des points de recharge. 75% des arrêts de plus de deux heures font l'objet d'une recharge de la batterie, ainsi que 100% des arrêts plus longs que 12 heures. Malheureusement, il n'est pas possible de savoir si l'absence de recharge lors d'un stationnement est due à un manque d'infrastructure ou bien à un comportement intentionnel des clients.

Résultats de l'étude et perspective

En un an, la flotte de véhicules VLOTTE a parcouru plus de 150 000 km. Néanmoins, ce chiffre aurait été plus grand si davantage de véhicules avaient été disponibles : plus de 200 personnes intéressées étaient sur la liste d'attente et n'ont pas pu obtenir un VE.

Le succès du projet initial a mené au développement d'un deuxième projet, VLOTTE II. Ce nouveaux projet se centre sur l'établissement de « plate-formes de mobilité » : des points d'autopartage, où sont également possibles la location de VE, scooters et bicyclettes électriques. Ces centres, sous nom de « e-stations », sont en cours de construction durant 2010 et 2011. Une première station a été lancé à Lech : à cet endroit

les tarifs de location varient entre €10 (pour la location d'un vélo électrique à la demi-journée) à €49 (location d'un VE pour la journée complète).

Avant mi-2011, la flotte VLOTTE devrait atteindre à 250 véhicules : un complément de véhicules à deux roues sera ajouté à la flotte existante. Le nombre de points de charge sera augmenté, cependant l'électricité fournie continuera à provenir de sources renouvelables déployées dans la région.

3.3.3 Les régions pilotes en Allemagne : Berlin

Sur les 500 millions d'euros consacré au développement des VE par l'Allemagne, 115 millions sont destinés à l'établissement de régions pilotes. Dans ces régions, scientifiques, industriels, ainsi que les autorités locales (régions, villes, arrondissements) collaborent afin de développer l'infrastructure VE et de permettre l'intégration de la mobilité électrique dans le système de transport. Huit régions (sélectionnées parmi 130 candidatures) ont été sélectionnées pour recevoir des fonds. La carte à droite montre ces huit régions pilotes, qui diffèrent entre autres par leurs activités économiques.

Les régions pilotes de l'Allemagne ne se limitent pas à l'hébergement de flottes expérimentales ou de projets de démonstration de VE. Ces régions pilotes sont au contraire des centres d'excellence, avec des centres de recherche sur différentes facettes des VE: ingénierie automobile, infrastructure des réseaux, technologie des batteries. Des subventions sont allouées aux nouveaux groupes de recherche dans ces domaines, au développement et à la construction de véhicules et infrastructures, au déploiement et à l'évaluation de flottes expérimentales. L'objectif final est formulé en termes du nombre de VE en circulation (EnergieAgentur.NRW, 2009; NRW.INVEST Gmbh, 2009), en fonction de l'horizon temporel.

La région pilote de Berlin et Potsdam

Parmi ces régions, une des plus actives est celle de Berlin et Potsdam, où la *Berlin Agency for Electromobility* (*emo*) a été crée en 2010. *Emo* rassemble les compétences scientifiques, industrielles et politiques de la région de Berlin. Grâce aux contributions financières des *Länder* de Berlin et Brandenburg, plusieurs projets de terrain sont d'ores et déjà actifs dans la région, pour un coût d'environ 80 millions d'euros. Parmi ces projets figurent :

BeMobility

Le projet *BeMobility* propose les VE comme véhicules partagés. L'objectif du projet est d'opérer une flotte de VE intégrée dans le système de transports en commun. Le projet repose sur l'analyse des infrastructures, des technologies de l'information disponibles, du comportement des clients, et de la facilité d'usage des systèmes mis en place. Les résultats de ces analyses devraient fournir des informations sur le potentiel de ces offres de mobilité sur le marché.

BeMobility repose sur la collaboration entre fournisseurs de services de transports, fournisseurs d'énergie, opérateurs d'infrastructures, fabricants d'automobiles et instituts de recherche (parmi les entreprises participantes : Deutsche Bahn, Bosch, TU Berlin, RWE, Vattenfall). C'est le premier projet qui rassemble tous ces partenaires : chaque partenaire contribue ses connaissances spécifiques au projet.

La première phase du projet a débuté en août 2010. Dans cette phase, les premières stations de location de VE, équipées d'infrastructures de recharge fournies par différentes parties du consortium, ont été lancées ; les premiers VE ont donc pu être testés par les clients. Le projet prendra de l'amplitude au printemps 2011, avec jusqu'à 40 véhicules (et vélos électriques). Les systèmes de collecte et traitement d'information et les applications (pour smartphones) seront mis en place en préparation, et les stations de locations adjacentes aux nœuds de transports en commun (par exemples, les gares ferroviaires) seront déployés. Les véhicules engagés dans le projet sont : la Citroen C1 (ré-équipée d'un moteur électrique), la Smart ED et la Toyota Prius (BeMobility, 2011).

e-mobility Berlin :

Le projet *e-mobility Berlin* a débuté dans la capitale allemande à la fin de 2009. L'entreprise Daimler a contribué une flotte de plus de 100 VE au projet. Ainsi que ces voitures, des Smart ED de nouvelle génération, des VE de Mercedes-Benz ont aussi été engagés. Les deux types de véhicules ont été équipés de la technologie de batteries lithium-ion la plus avancée. Le partenaire RWE a fourni 500 stations de charge et a pris la responsabilité de l'opération du réseau, de la gestion des sources d'énergie et du contrôle central du système. Les stations de charge ont été installées au domicile des clients, ainsi que dans les entreprises et les parkings publics. Le réseau compte plusieurs

partenaires B2B (entreprise à entreprise) comme des centres commerciaux, des parkings, et des opérateurs de flottes.

L'initiative conjointe profite de l'expérience extensive du projet actuel de Daimler à Londres. Depuis 2010, plus de 100 VE de Smart et Mercedes-Benz ont aussi été déployés dans des flottes d'essai à Rome, Milan et Pise, dans le cadre du projet « e-mobility Italy » (Daimler, 2011).

Mini E alimenté par Vattenfall : (Vattenfall, 2011)

Durant deux périodes de six mois entre juin 2009 et août 2010, une cinquantaine de véhicules Mini E ont été testés : principalement par des utilisateurs privés mais aussi dans les flottes industrielles de *Vattenfall*, de *DB car sharing* et du club automobile *Sixti*. Initialement fixés à 650 €/mois, les frais de participation ont été réduits à 400 €/mois pour récompenser l'engagement dans ce projet de recherche. Ces frais couvrent l'usage du véhicule, un complément de services, et les frais d'assurance. Les coûts de recharge sont exclus, et supportés par le client.

L'entreprise Vattenfall a pris en charge la fourniture d'énergie verte pour alimenter les véhicules, ainsi que le développement des infrastructure de recharge publiques et privées. Chacun des 50 Mini E pouvait être chargé soit à domicile, soit au lieu de travail. Le processus de recharge était géré de façon de profiter au maximum d'énergie éolienne excédentaire (une application du principe *du-vent-au-véhicule*). L'addition de 50 stations de recharge situées sur les voies publiques a été envisagée. Les plus importants résultats tirés de l'analyse du projet sont :

-l'application *vent-à-véhicule* a fonctionné, et a été utilisée par les clients

-la portée limitée des VE n'est pas une contrainte dans la vie de tous les jours

-les durées de charge plus longues n'endommagent pas la mobilité des utilisateurs de VE

-les individus dotés de stations de charge à domicile et au lieu de travail n'ont pas besoin de stations de charge supplémentaires dans les lieux publics

-les technologie installées dans les parkings publics risquent d'engendrer davantage de coûts de maintenance

-avec l'infrastructure de charge existante, l'intégration d'utilisateurs qui n'ont pas accès à un stationnement privé (et qui ont donc besoin de stationner sur une rue publique) est généralement difficile et coûteuse

Un dernier projet, *WohnMobilE*, teste l'autopartage de VE dans des quartiers résidentiels.

3.3.4 Le plan de déploiement de véhicules de Londres[4]

Le maire de Londres a lancé le *Electric Vehicle (EV) Delivery Plan* en mai 2009. Ce plan propose une démarche de déploiement d'infrastructures de recharge pour des VE privés d'ici 2015. Avec une capacité-cible de 100 000 VE actifs, un total de 25 000 stations de charge seront installées. Cet objectif sera atteint grâce a des partenariats entre les autorités publiques et les industries, ainsi qu'un ensemble de mesures incitant à l'adoption des VE.

Le *EV Delivery Plan* est concentré autour de trois thèmes : Infrastructure, Véhicules et incitations, et Marketing et communication. Nous organisons notre discussion de la stratégie de Londres autour de ces thèmes. Finalement, quelques informations additionnelles sur le fonctionnement du système sont présentées.

Infrastructure

A Londres il y a actuellement 250 stations de recharge en fonctionnement, concentrées dans le centre-ville. Ces stations sont en majorité installées dans des parkings à accès public, avec seulement 32 stations installées dans la rue. La ville de Londres envisage d'installer trois types de points de charge accessibles au public, pour atteindre un total de 25 000 stations (non-résidentielles) :

-Type 1 : points de recharge lents (temps de recharge compris entre 6 à 8 heures, coût à l'unité : de 0 à 3 500 £), installés en priorité sur des parkings d'entreprise, sur des emplacements de stationnement dans la rue, dans des zones résidentielles à forte densité, et dans des parkings publics.

-Type 2 : points de recharge rapides (temps de recharge entre 30 minutes et 3 heures, coût à l'unité : de 3 000 £ à 5 000 £), installés en priorité dans des parkings privés affiliés aux centres commerciaux, centres de loisirs, supermarchés, grands magasins de détail, des parking publics à courte durée dans les centre villes, des stationnements de rue dans les centre villes, etc.

-Type 3 : points de recharge ultra-rapides (temps de recharge entre 15 à 20 minutes ou systèmes d'échange de batteries, coût à l'unité : 25 000 à 50 000 £), installés en priorité dans les stations-service sur les autoroutes et dans des parkings de supermarché.

Le développement d'infrastructures privées (au domicile et sur le lieu de travail, entre autres), sera également soutenu, en fournissant des informations (service *Green Homes*), en proposant de l'assistance technique pour aider les entreprises à réaliser leurs propres installations, et au moyen d'une réglementation obligeant 20% des points de stationnements de construction récente à être équipés d'infrastructure de recharge. Après

[4] Greater London Authority (2009a), (2009b)

les points de recharge à domicile, les installations dans les parkings privés et commerciaux composent la plus grande part du réseau (22 500 installations). Le projet d'extension du le réseau de recharge comportement également 500 points de charge dans la rue et 2 000 points de charge dans des parkings à accès public (c'est à dire les parkings détenus par les municipalités, *Transport for London*, *Network Rail*, les détaillants ainsi que les opérateurs privés). Un minimum de 250 points de charge rapides à accès public seront installés, afin de créer un réseau majeur de points de recharge rapide dans les centre urbains principaux, les points névralgiques du réseau routier, et les stations de service sur les autoroutes.

L'emplacement des stations de charge a été considéré avec beaucoup de soin. Le but principal est d'assurer que chaque résident de Londres soit à moins d'un kilomètre et demie de la station de charge la plus proche d'ici 2015. Des études ont été faites pour examiner le segment du marché le plus disposé à adopter les VE rapidement, et les motivations pour l'achat un VE, ce qui permet une meilleure prévision quant à la répartition géographique des futurs propriétaires de VE, et informe les choix d'installation des premières infrastructures de recharge, et les densités d'infrastructure nécessaires.

Les principes fondamentaux qui guident le développement du réseau de recharge à accès public reposent sur deux axes : 1) fournir un réseau de base équitable (n'importe quel résident de Londres ayant la volonté d'acheter un VE devrait bénéficier d'un accès raisonnable aux stations de recharge) et 2) cibler le développement des infrastructures aux endroits où elles auront un impact maximum.

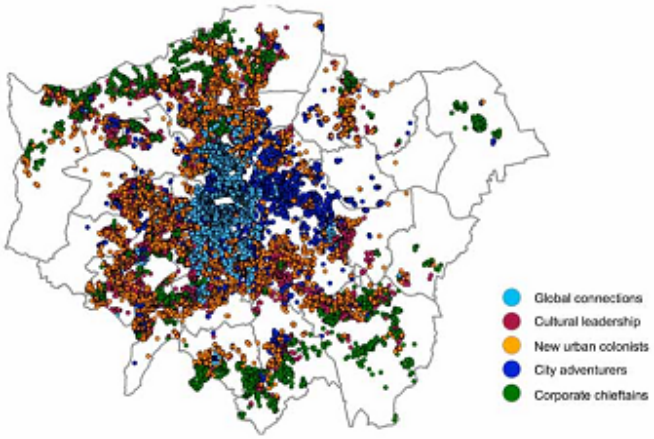
Afin de définir l'emplacement des points de charge, et de prévoir de façon précise les régions à forte concentration de VE dans l'avenir, il est essentiel de comprendre où les potentiel propriétaires de VE habitent, et vers où ils se déplacent. Pour repérer les « innovateurs de mobilité » potentiels et les premiers utilisateurs de VE, un analyse a été faite sur les propriétaires de VE ou de voitures hybrides actuels. Une typologie de ces propriétaires a été établie pour décrire leurs caractéristiques socio-économiques. Presque trois quarts des propriétaires de VE actuels peuvent être regroupés en cinq types. Les propriétaires de voitures hybrides sont plus divers ; néanmoins, 60% de ces personnes peuvent également être regroupés en cinq types. La typologie et les descriptions des types se trouvent dans le tableau suivant :

Mosaic type	**Description**
Global connections	Affluent middle-aged singles living in central London
Cultural leadership	Professionals living in middle ring suburbs and working in Central London
New urban colonist	Ambitious singles or couples living in high density suburbs

City adventurers	Young and single skilled workers living in inner suburbs
Corporate chieftains	Business managers living in detached houses in outer suburbs

[Tableau 7 : Typologie des propriétaires courants de VE où voitures hybrides]

Combiner cette typologie avec une carte de Londres fournit un prévision sur la localisation des futures propriétaires de VE (voir la figure ci-dessous).



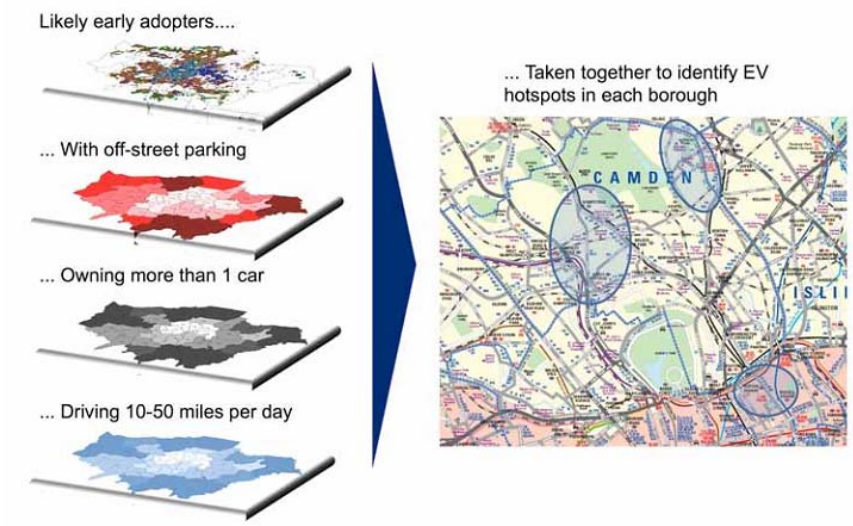
[Figure 15 : localisation des futures propriétaires, arrangés par type]

Les zones de la ville avec la plus forte représentation étaient le centre-ville, le nord-ouest et le sud-ouest, avec des poches dans les banlieues sud et est.

Afin d'assurer une adoption maximale de VE, il est également crucial d'examiner la décision d'adoption des VE en fonction de caractéristiques spécifiques de l'emplacement. Parmi ces caractéristiques, les plus pertinentes incluent la disponibilité du stationnement résidentiel (car ceci facilite le rechargement à domicile), la proportion des ménages où les propriétaires de véhicules parcourent des distances importantes (car ceci permet de profiter au maximum des bénéfices environnementaux et des réductions de coûts de l'usage d'un VE), et l'occurrence des ménages à véhicules multiples (car la probabilité d'adopter un VE comme deuxième voiture est très grande). Ces caractéristiques de location, ainsi que l'analyse des types pertinents, permettent d'anticiper la distribution géographique des propriétaires de VE dans les années à venir.

Cet analyse des points à haute concentration (*hotspots*)a permis, tout en tenant compte des spécificités de terrain dans les municipalités concernées, de planifier la distribution des infrastructures de recharge. Un analyse préliminaire pour la région de Camden est

présentée dans la figure ci-dessous. Dans cette région, trois *hotspots* potentiels ont été identifiés pour cibler les efforts de promotion de VE.



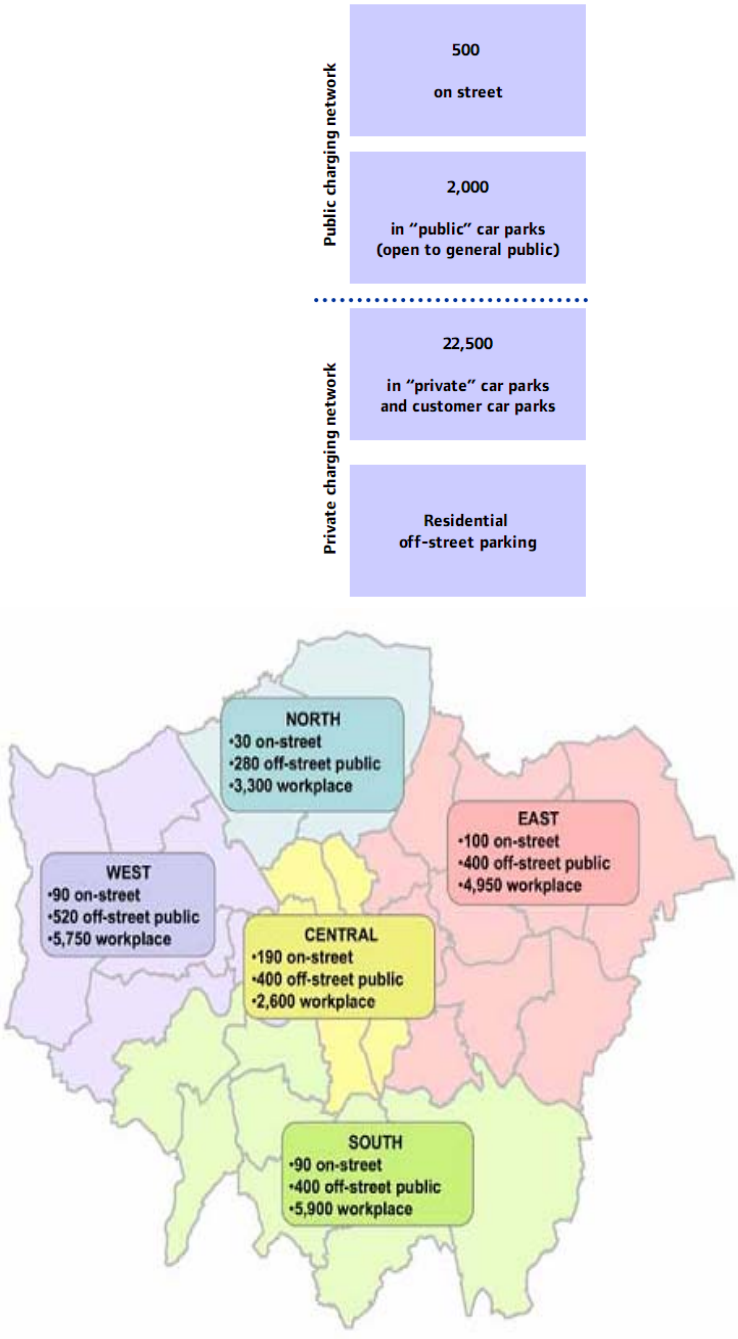
[Figure 16 : Analyse des *hotspots* de la région de Camden]

Une tâche tout aussi importante, sinon plus, est cependant d'identifier les destinations principales des résidents de Londres qui habitent dans les zones à forte concentration potentielle de VE. Il est essentiel de leur procurer des points de charge à ces destinations, et cette politique fera l'objet de plans précis.

Le plan de distribution de VE s'est engagé à installer des points de recharge dans les parkings du *London Underground* (système de métro). Dans une première phase d'installation, 12 points de charge seront installés dans six parkings, choisis en fonction de l'emplacement des propriétaires de VE actuels et des futurs propriétaires anticipés. Les points de recharge seront installés dans des endroits visibles de ces parkings : si possible, près des entrées et sorties. De plus, *Transport for London* s'engage avec la *Association of Train Operating Companies* afin de développer un plan précis pour l'installation de points de recharge dans des endroits qui en ont besoin. Des discussions préliminaires avec des opérateurs de parking privés ont aussi eu lieu, et ceux-ci soutiennent avec enthousiasme la distribution de VE à Londres. Onze parkings de la chaîne de supermarchés *Sainsbury* sont déjà équipés de deux poins de recharge chacun ; *Tesco*, un concurrent, a installé des points de charge dans trois de ses parkings à Londres ; et 30 points de recharge ont été installés au centre commercial *Westfield Shopping Center* dans le quartier de *West London*. À l'heure actuelle, on compte également 32 points de recharge dans les rues de Londres.

La figure suivante donne un aperçu du déploiement (type et emplacement) des 25 000

points de charge en voie de développement.



[Figure 17 : Répartition des infrastructures de recharge, par type, à travers les sous-régions de Londres avant 2015]

Véhicules

Londres compte actuellement environ 1 700 VE, soit 0.06% de l'ensemble des véhicules immatriculés. La municipalité s'est engagée à faire passer à 100 000 le nombre de VE en circulation (soit 5% de la flotte) aussi tôt que possible. Parmi les stratégies proposées, on peut noter les éléments suivants :

-Continuer les essais de VE, y compris le *Low Carbon Vehicle Procurement Programme* (voir les politiques nationales du Royaume-Uni), afin de favoriser la recherche sur le comportement des consommateurs, la portée des véhicules, les cycles de conduite et infrastructures, le rechargement rapide et la tarification du stationnement.

-Augmenter le taux d'adoption des VE dans la flotte du *Greater London Area* (ce qui comprend les flottes de *Transport for London, Metropolitan Police Authority, London Development Agency*, ainsi que la *London Fire and Emergency Planning Authority*), et développer une stratégie de commande groupée, pour profiter des réductions de prix que permettent les commandes importantes.

-Augmenter l'adoption des VE parmi les fournisseurs du groupe GLA (réviser les contrats d'approvisionnement pour promouvoir l'utilisation de véhicules à faibles émissions)

-Augmenter l'adoption des VE dans les flottes de la municipalité ainsi que des autres secteurs publics (travailler aussi avec, et soutenir, le Comité d'organisation des Jeux Olympiques de 2012 pour inclure des VE dans sa flotte)

-Développer des choix VE pour le transport public en général : par exemple des taxis (un essai de taxi à émissions limitées est couramment en cours), des véhicules privés en location, des bus (dès 2012, tous les nouveaux bus seront des véhicules hybrides)

-Travailler avec les entreprises afin d'intégrer les VE dans la flotte de véhicules qui alimentent le marché pour voitures et véhicules commerciales dans le « grand Londres »

-Encourager l'adoption des VE dans le secteur privé (travailler avec des entreprises-clefs pour encourager l'adoption, ainsi que pour établir un plan d'approvisionnement de VE à grande échelle)

Incitations, marketing et communication

Déjà mentionné dans le chapitre 2.4 (voir *Plug-In Car Grant*), le *Department for Transport* a annoncé que jusqu'à 230 millions le livres (320 millions d'euros) seront attribués en forme d'incitations pour encourager l'adoption de VE sur le marché britannique. Les acheteurs de VE seront éligibles pour recevoir une remise de 5 000 £ (7 000 €). Les VE sont aussi exemptées de T.V.A. au Royaume-Uni (voir Mesures fiscaux).

La ville de Londres augmente ces mesures prises à l'échelon national avec des incitations

locales supplémentaires pour les utilisateurs de VE :

-*Parking :* plusieurs municipalités proposent du parking subventionné pour les VE. Par exemple, le stationnement dans les parkings publics à Westminster est gratuit, ce qui pourrait représenter jusqu'à 6 000 £ (8 500 €) d'économie par conducteur et par an. Pour un prix fixe de 200 £ (280 €), les conducteurs n'ont pas à payer d'excédent pour l'électricité. Certains municipalités livrent aussi des permis de stationnement dans la rue en fonction des émissions du véhicule (ces permis sont gratuits pour les VE). La ville de Londres travaillera en collaboration avec les municipalités et autres groupes pour étudier la faisabilité d'un stationnement prioritaire pour les VE dans les parkings et les points importants du centre-ville.

-*Charges de congestion* : les VE reçoivent une remise totale du péage de congestion (8 £, ou 10.50 €, par jour, soit jusqu'à 1 700 £ (2380 €) par an pour les voyageurs habituels dans les zones concernées).

-*Car Clubs* : les *car clubs* (autopartages) sont soutenus et encouragés à inclure des VE dans leurs flottes. Des fonds sont disponibles pour l'installation de stationnements exclusifs et pour les points de recharge.

-*Voies de bus* : durant les heures de pointe, les voies de bus sont déjà encombrées de bus, taxis, vélos et motos, donc l'inclusion des VE parmi les véhicules admissibles risquerait endommager la fiabilité de ces voies rapides. Néanmoins, une étude de faisabilité est en cours.

Pour raisons de marketing et de communication, un marque bien reconnaissable est en voie de développement pour les VE à Londres. Un site web couvrant Londres au complet sera développé pour fournir toutes les informations sur les VE à Londres, par exemple sur l'emplacement de points de charge disponibles. Un centre d’appels pour fournir de l'aide ou des avis et pour communiquer des problèmes est aussi envisagé.

Fonctionnement et soutien financier du système

Le programme de VE devrait fonctionner initialement avec un frais d'abonnement annuel fixe, donnant accès illimité au réseau de 2 500 points de recharge, sans frais additionnels pour l'usage de l'électricité. Cependant, le système évoluera vers un programme de paiement à l'usage, une fois que le nombre de VE à Londres suffira à rendre un tel système rentable.

Transport for London a attribué 20 millions de livres (28 millions d'euros) pour promouvoir l'adoption des VE. Des fonds supplémentaires sont disponibles via le programme gouvernemental *Plugged-in Places*. Enfin, la Commission Européenne devrait apporter une contribution indépendante.

3.3.5 Le projet portugais Mobi.E[5]

Au Portugal, plusieurs facteurs créent un environnement favorable pour la mobilité électrique. Actuellement, 40% de l'électricité provient de sources renouvelables, et cette pourcentage passera à 60% d'ici 2020. En plus, le Portugal a déjà commencé l'expérimentation et le déploiement de *smart grids* (réseau électrique intelligent). Chaque ménage portugais aura un *smart meter* (compteur intelligent) avant la fin de l'année 2016. Soutenu par ces conditions favorables, le Portugal a mis en place un plan ambitieux concernant l'introduction des VE et des infrastructures qui les accompagnent, le tout encadré par le programme de mobilité électrique Mobi.E.

Mobi.E

L'aspect singulier du projet Mobi.E est une approche intégrée, ciblant la réduction des obstacles au développement du marché. Cet stratégie repose sur des modèles d'activité ouverts, permettant l'intégration de divers agents, différents types de batteries et divers fournisseurs d'électricité, tous rassemblés dans la même infrastructure. Par cet approche ouverte, Mobi.E veux assurer concurrence et équité sur le marché de la mobilité électrique (ainsi que le marché des infrastructures affiliées), avec des barrières à l'entrée limitées pour tout les agents intéressés. D'autres services nécessaires à la durabilité du système, comme le stationnement, les transports en commun, et l'auto-partage, seront également intégrés dans cette approche globale. Pour atteindre ce but, Mobi.E fournit un plate-forme pour gérer les transactions entre les divers agents, et assure l'intégration de nouveaux opérateurs et détaillants.

Solution pour technologies de l'information

Mobi.E se repose sur une plate-forme de technologies de l'information englobante, qui relie toutes les parties prenantes autour d'une chaîne de valeur bien définie en intégrant les flux d'informations, d'énergie et financiers. Les points forts du système incluent la visualisation en temps réel des points de recharge (y compris statut et disponibilité), la surveillance du processus de rechargement, un accès multi-plate-forme via internet (par exemple, via téléphone portable), une facturation intégrée avec une offre de services complémentaires (parking, transports en commun, électricité, création de comptes personnels ou d'entreprise...), et la possibilité de se fournir en électricité chez tous les détaillants.

Concept de rechargement

Pour chaque bloc de stations de recharge, une station centrale gère plusieurs stations satellites. Le rôle de communication avec l'utilisateur est donc supporté par une seule unité, permettant une maintenance facile et peu coûteuse. Une station centrale est capable

[5] Pinto et Neves (2010)

de contrôler jusqu'à 250 points de recharge : il est donc facile d'adapter le nombre de stations en fonction des besoins des clients.

Réseau de rechargement

Mobi.E déploie actuellement une infrastructure de recharge pilote. Ce réseau comprend 1 300 points de recharge normaux, et 50 points de recharge rapides. Le réseau entier sera en place d'ici juin 2011.

Afin d'assurer une demande pour les VE, le Portugal a également mis en place de nombreuses incitations : réductions d'impôts, subvention d'achat (voir le chapitre 3.1.2), ainsi qu'un accord pour l'acquisition publique et plusieurs activités d'éducation et de communication.

3.3.6 Norvège : plan de déploiement et expérimentation

Le Plan d'action pour l'électrification des transports routiers norvégien annonce le but d'augmenter le taux de VE dans la flotte du pays pour atteindre 10% par 2020 (ce qui représente environ 260 000 véhicules). Afin d'atteindre ce but, le gouvernement norvégien a établi un programme d'incitations fiscales de grande envergure ciblant l'achat et l'utilisation des VE. Les VE sont font l'objet des bénéfices suivant : exemption de la TVA, aucun droit d'importation, réduction des taxes annuelles pour les véhicules, accès gratuit au stationnement public, exemption du péage, accès gratuit aux ferries domestiques et aux voies pour autobus. De plus, des aides publiques aux achats d'entreprise peuvent atteidre jusqu'à 50% du prix. (Clean Vehicle, 2011)

Prêt pour les véhicules électriques ? (Solvoll et al., 2010)

Le projet VE « Ready for electric vehicles ? » (Prêt pour les véhicules électriques?) a été lancé en septembre 2009 par Bodø University College. Ce projet, qui cible les questions économiques et comportementales concernant l'emploi des VE dans le nord de la Norvège, a suivi 17 VE (inclus des modèles électriques de la Fiat Fiorino et la Fiat e500). Cinq entreprises ont participé au projet, en louant des véhicules de l'entreprise Moving City AS. Quatre des VE ont été déployés dans la flotte de *Bodø Energi* (un fournisseur local d'énergie), sept dans une entreprise de traitement des données, deux dans la flotte municipale de Bodø, deux dans l'entreprise de location Bodø Avis et deux dans une entreprise de traitement des déchets. Ces entreprises ont participé à ce projet, et considèrent en général le déploiement de VE dans leur flotte, principalement dans le but de donner à leur entreprise une image écologique. Ce rendement de long terme est censé contrebalancer l'investissement initial.

Le lancement des VE ne s'est pas fait sans mal, en partie à cause d'un manque de formation pratique, et en partie à cause de problèmes dans le rechargement des batteries. Les problèmes de batteries étaient dues en majorité au froid extrême, qui a réduit leur capacité. Après une période d'accoutumance avec les véhicules (et la fin de la vague de

froid), les VE ont mieux fonctionné. D'après les utilisateurs, le rechargement est un point clef et une question important pour le déploiement des VE dans la région de Bodø (une région assez déserte du nord de la Norvège). La portée limitée des VE a réduit la flexibilité de leur usage : un réseau de recharge plus dense a donc été réclamé.

3.3.7 Projets français de déploiement de VE

À l'avant-garde des initiatives VE, la France a lancé, ou va lancer, plusieurs projets qui évaluent les infrastructures et la technologie des véhicules, ainsi que le comportement des clients et les modèles d'entreprise. Un aperçu des projets actuels est présenté ci-dessous.

Projet Kléber

Dans le projet Kléber, EDF et Toyota collaborent pour tester un déploiement à grande échelle de la Toyota Prius en situations réelle à Strasbourg. Le projet, qui a débuté mi-2010, déploiera environ 100 VHR sur trois ans. Cent soixante-dix points de recharge publics et privés ont été installés. EDF est en charge de la gestion et de la surveillance de l'infrastructure. Différentes solutions de gestion des infrastructures sont testées. Les véhicules en question mettent de nombreux services supplémentaires à la disposition des conducteurs (système de navigation et communication avec le réseau de recharge). (EDF, 2011)

Projet Mini E

Le projet Mini E a été lancé en novembre 2010, sous la collaboration de BMW, EDF et Véolia. Le but est de tester une cinquantaine de véhicules Mini E à Paris, en louant les véhicules à des entreprises et des individus pour deux périodes de six mois (voir le projet Mini E à Berlin, chapitre 3.3.3). Les infrastructures sont gérées par EDF (seuls des points de charge normaux sont déployés). (EDF, 2011)

Projet SAVE

Le projet SAVE est un projet de déploiement à grande échelle dans le département des Yvelines, caractérisé par une urbanisation dégagée et un fort pourcentage d'habitations à loyer modéré. Avec la participation de divers partenaires, une centaine de véhicules seront déployés.

Le projet SAVE a été établi conjointement par Renault-Nissan, EDF, le département des Yvelines, EPAMSA (Etablissement Public d'Aménagement du Mantois Seine Aval) et la région Ile-de-France. Renault et EDF se sont également affiliés avec Total et Schneider Electric pour boucler ce projet.

Chaque partenaire s'occupe d'un ou plusieurs aspects du projet. Renault-Nissan livre les véhicules, supervise l'expérimentation sur le terrain et étudie le comportement des conducteurs en ce qui concerne le rechargement et l'utilisation des services associés

(comme des services de communication). EDF participe au déploiement de l'infrastructure, et aux études concernant le comportement des utilisateurs et des possible modèles d'activité. Schneider Electric participe dans le déploiement de l'infrastructure. Better Place était sensé mettre en place et gérer une station d'échange de batteries ; cependant sa participation a été suspendue.

L'infrastructure, comprenant 300 points de recharge dans des lieux publics et privés, sera disponible à partir de la fin de l'année 2010. Depuis 2011 une livraison progressive de VE a lieu, afin de tester les véhicules pour une période de 1 à 1.5 années. Les véhicules à tester sont la Renault Fluence Z.E., la Renault Kangoo Express Z.E. et la Nissan LEAF.

Ce projet, avec un coût de 23 millions d'euros, profite de financement de ADEME (6,5 € millions) et du soutien du département des Yvelines et de la région Ile-de-France. (Mobilité Durable, 2010 ; Yvelines, 2011 ; Avem, 2010)

Projet d'autopartage à Nice

Ce projet est le résultat d'une collaboration entre Véolia Transport (Véolia Transport Alpes Maritimes, qui participe à hauteur de 70%) et EDF (SODETREL , 30%). En Avril 2011, un nouveau service d'autopartage sera lancé, déployant uniquement des VE. Deux cent dix VE seront distribués le long de la Côte d'Azur, sur 70 stations d'autopartage. Plusieurs types de véhicules seront distribués, parmi-eux la Peugeot iOn. Cent-quarante points de recharge sont actuellement en construction. La durée du projet s'étale sur 12 ans, avec des coûts annuels de 1,4 millions d'euros.

Les clients de l'autopartage pourront choisir entre deux modèle de souscription. Un modèle est conçu pour des utilisateurs occasionnels (aucun frais mensuel, mais des coûts d'usage par jour ou par heure (8 €) plus élevés), l'autre pour les utilisateurs fréquents (frais mensuel de 50 €, avec un coût d'usage de 5 € par heure). (EDF, 2011)

Mopeasy

Mopeasy est un service d'autopartage lancé en janvier 2010 à Neuilly sur Seine. L'entreprise déploie uniquement des VE (de type REVA). Après s'être inscrits à un des trois tarifs possibles (affaires, professionnel, à la carte), les usagers peuvent réserver un VE sur Internet. Un code envoyé par SMS permet au client d'accéder à la voiture réservée. Le véhicule doit être remis à l'endroit où il a été pris. (Mopeasy, 2011)

Liselec – Yelomobile

En 1999, l'agglomération de La Rochelle a initié le service d'autopartage Liselec, devenue Yelomobile en 2010. Le service est opéré par Proxiway, une filiale de Véolia Transport, depuis 2006, et déploie 50 VE et environ 15 installations de recharge et de stationnement. En plus d'un système de tarification ponctuelle de 7 € par heure, le service offre cinq autre tarifs qui font baisser les coûts d'usage (jusqu'à 3 € par heure) au prix

d'une souscription mensuelle plus élevée (jusqu'à 250 € par mois). Les véhicules dans la flotte sont des versions électrique de la Citroën Saxo, la Peugeot 106 et la Citroën Berlingo. Les véhicules ne sont pas réservés à l'avance : n'importe quel utilisateur inscrit peut accéder aux voitures instantanément. (Yelomobile, 2011)

Autolib[6]

Autolib est un système d'autopartage de VE qui entame encore son développement. Situé dans la région Ile-de-France, un réseau de 1120 stations de recharge sera installé dès avril 2011. La majorité des stations (700) seront installées à Paris, le reste devant être réparti dans 45 villes adjacentes (voir la figure 18 ci-dessous). Parmi les 700 stations de Paris, 500 stations seront installées directement dans la rue (disposant de 4-6 stationnements chacune) tandis que 200 stations seront au sous-sol (disposant de 6-10 stationnements). Quatre-vingt de ces stations compteront également un kiosque, où un agent Autolib sera disponible pour accéder aux services de souscription ou pour répondre à d'autres demandes.

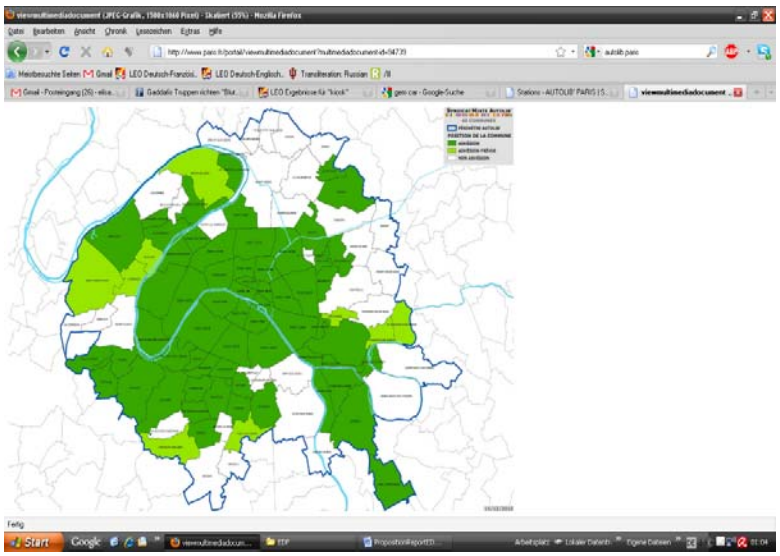
Le type de voiture déployé sera la Bolloré Bluecar. Plus de 3 000 véhicules sont prévus dans le réseau. L'utilisateur aura le choix entre trois tarifs :

- Une souscription annuelle pour 12 € par mois (5 € pour la première demi-heure, ensuite 4 € et 6 € pour les demi-heures suivants)
- Une souscription de sept jours pour 15 € (7 € pour la première demi-heure, ensuite 6 € et 8 €)
- Une souscription de 24 heures pour 10 € (7 € pour la première demi-heure, ensuite 6 € et 8 €)

Une période d'essai est envisagée pour août 2011. Le lancement du système pour le grand public est prévu pour octobre 2011.

La conception du projet Autolib prévoit de financer les coûts de déploiement grâce aux revenus des frais d'usage de ses clients. Néanmoins, une subvention de 50 000 € par station de charge est fournie par l'autorité publique. Ce montant a été mis en disponibilité à condition que le projet Autolib déploie uniquement des VE et propose un système d'usage à sens-unique (tel que les véhicules peuvent être remis à n'importe quelle station Autolib).

6 Voir: Autolib (2011), Mairie de Paris (2010)



[Figure 18 : Périmètre du projet Autolib]

3.4 Synthèse et conclusion

L'intérêt du public et les investissements dans le développement des VE sont en plein essor. De nombreux pays européens ont fait état d'objectifs quantitatifs de déploiement, généralement à l'horizon 2020. Poursuivant à la fois l'objectif de réduire l'impact environnemental du secteur des transports et celui de soulager les inquiétudes fondés sur la dépendance énergétique, les décideurs politiques cherchent à profiter des perspectives de croissance industrielle et de développement économique offertes par les VE. Les pays européens semblent être en concurrence pour être à la pointe de la technologie VE et de son déploiement. Même les pays qui n'ont pas jusqu'ici joué un rôle majeur dans l'industrie automobile (comme le Portugal et la Grande Bretagne) aspirent à s'arroger une part du potentiel présumé associé au développement des VE.

Les fonds disponibles ont été principalement investis dans des activités de recherche et développement, en particulier en ce qui concerne le développement des batteries, les infrastructures de recharge et les systèmes de technologie informatique. Avec l'arrivée sur le marché des premiers modèles de VE produits par les grandes marques, les deux dernières années ont vu une croissance des investissements dans des projets de déploiement, et la distribution de VE pour les entreprises et les utilisateurs privés avec des effectifs plus importants que pour les projets pilotes. Le chapitre 3.3 a exploré certains de ces projets à travers l'Europe. Chaque projet a ses caractéristiques spécifiques, néanmoins un nombre de points communs peuvent être perçus :

- Les projets de déploiement visent normalement à tester de nouvelles technologies d'infrastructures de recharge et de VE, ainsi que les technologies informatiques et systèmes de communication qui les accompagnent. De plus, le comportement des clients

est souvent observé de près afin d'estimer la demande à venir pour les infrastructures de recharge et de VE. Mais l'accent mis sur l'étude des comportements individuels dans le cadre des projets de déploiement vient parfois au détriment de l'étude des caractéristiques économiques des VE. Le coût des véhicules est très fortement subventionné dans ces projets, et le développement des infrastructures repose sur des investissements publics ou privés, dont les coûts ne sont pas supportés par les utilisateurs des véhicules. Les évaluations économiques du déploiement des VE, sous ses diverses formes, sont encore à leur balbutiements.

- Les projets de déploiement sont normalement effectués au niveau local, et la majorité sont dans des centres urbains. La plupart des projet sont en effet lancés dans des zones urbaines à forte densité, où les véhicules partagés peuvent facilement atteindre un taux d'utilisation élevé, le coût du déploiement d'infrastructures semble raisonnable, et l'autonomie des véhicules ne joue pas un rôle très important. Des exceptions existent : le projet Better Place en Israël, lancé sur un plan national (dans une zone délimitée) ; le projet VLOTTE en Autriche, sur un plan régional (aussi assez délimité, due aux conditions géographiques et topologiques) ; et le projet Mobi.E au Portugal, qui est envisagé sur un échelle national (le premier déploiement sera cependant limité aux zones urbaines). Le futur projet français SAVE sera également effectué à l'échelle régionale, quoique dans un environnement marqué par une forte densité de population. Des stratégies de déploiement de VE dans les zones rurales n'ont pas été développées ni testées : les marchés primaires sont évidemment anticipés dans des zones à forte densité de population.

- Les projets de déploiement engagent normalement des flottes allant de 20 à 200 véhicules (en fonction de la taille de la zone cible), et une durée de six mois à deux ans. La distribution de véhicules à grande échelle n'a pas encore été testée. Certains aspects du déploiement de VE restent donc au stade de la conjecture (par exemple, quel sera l'impact du déploiement de VE à grande échelle sur le réseau électrique, ou sur la sécurité routière (croissante?)). À partir de projets de déploiement limités, il est difficile de formuler des prédictions sur l'organisation d'un réseau de recharge optimal. Afin d'arriver à des conclusions robustes sur la demande supportée par un réseau de recharge publique, il sera nécessaire d'engager des essais mobilisant de plus grandes flottes pour une période de temps plus longue. Des projets pilotes portant sur une durée de deux ans pourraient peut-être donner les premières indications robustes. Cependant, cette durée n'a pas été atteinte par la plupart des projets (le projet VLOTTE, toujours en cours, est un exception). Dans les années à venir, les projets de Better Place (en Israël et au Danemark) donneront probablement les premières informations sur les effets du déploiement. En particulier, les perceptions du public envers les systèmes déployés devraient permettre des analyses intéressantes.

Le projet VLOTTE d'Autriche est un exemple de projet très intéressant. L'échelle régionale du projet est particulière, et sa longévité est telle que des données importantes

ont déjà été collectées sur presque deux ans d'observation. Un projet à long-terme comme celui-ci, qui met l'accent sur l'étude des comportements, est aujourd'hui unique en Europe. De plus, le modèle collaboratif adopté par les multiples agents engagés dans le projet semble être un approche de déploiement très féconde, qui pourrait servir de modèle à d'autres projets similaires. Surveiller les résultats et développements futures de ce projet apparaît comme une démarche particulièrement bénéfique.

Les projets de déploiement existants ne recouvrent pas tous les aspects intéressants de l'introduction des VE. Néanmoins, les grandes marques d'automobiles ont déjà annoncé leurs VE pour 2012 où même 2011. Cette généralisation permettra immédiatement des études à grande échelle où, par exemple, des utilisateurs privés, leurs motivations et leur comportements, peuvent être examinés dans des conditions complètement réelles. Israël et le Danemark présenteront des terrains privilégiés pour l'étude des déploiement de VE à grande échelle.

4 Dérivation d'un scénario d'adoption de VE

4.1 Les grands défis des VE aujourd'hui

L'aperçu des modèles de VE récemment mis sur le marché ou attendus prochainement, présenté dans le chapitre 3.2.1, met en évidence le fait que les coûts d'achat des VE sont nettement supérieurs aux coûts des véhicules conventionnels comparables. Plus coûteux à l'acquisition, ces véhicules sont aussi plus limités dans leur autonomie, leur vitesse et leur puissance. Cependant, l'efficacité des moteurs électriques, et le faible coût de l'électricité par kWh comparé au carburant (diesel ou essence), rend le coût d'usage des VE significativement inférieur aux VC. De plus, les VE profitent de frais de maintenance diminués, et les consommateurs bénéficient souvent de coûts d'assurance plus bas[7], et de subventions et/ou réductions d'impôts.

Néanmoins le prix d'achat, qui impose une barrière initiale aux utilisateurs potentiels de VE, demeure une des obstacles majeurs à la faisabilité d'un déploiement réussi de VE et à leur pénétration sur le marché. Certains scénarios indiquent que la rentabilité des VE devrait s'améliorer dans le futur, grâce aux économies d'échelle dans leur production, au développement des chaînes de distribution en parallèle avec la croissance du marché, aux progrès technologiques concernant les batteries et finalement aux effets d'apprentissage, qui permettront une diminution dans l'utilisation d'électricité. Finalement, l'augmentation attendue du prix du carburant contribuera à améliorer la rentabilité relative des VE vis-à-vis des VC (voir les résultats du projet VLOTTE dans le chapitre 3.3.2, où un tel scénario de coûts futurs est esquissé et où les VE deviennent moins coûteuses que les VC après 6

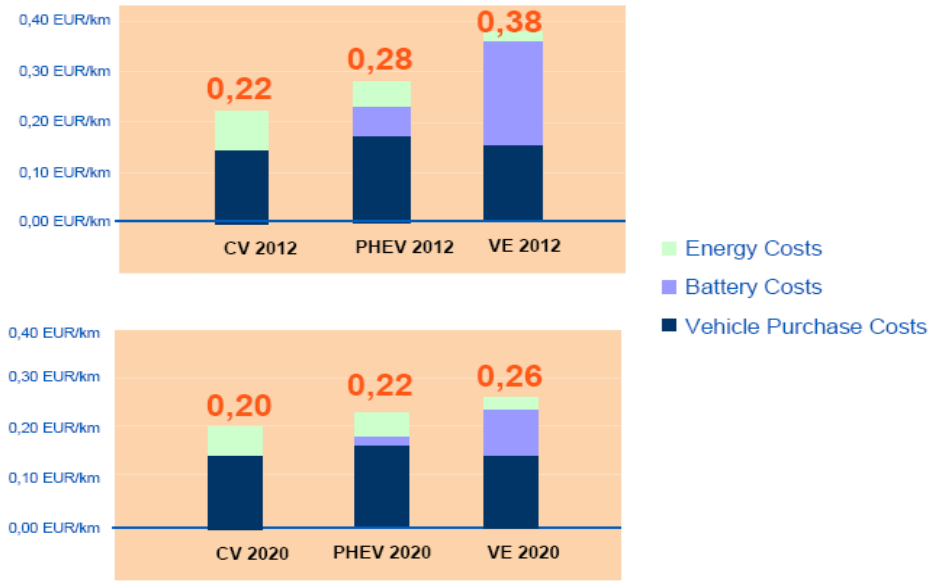
[7] Certains assureurs ont déjà annoncé des tarifs préférentiels pour les VE. Cette politique s'explique surtout par le fait que ces véhicules sont moins susceptibles d'être impliqués dans des accidents, grâce à leur vitesse réduite et la conduite plus prudente des propriétaires de VE.

années d'usage).

Il est important de garder en tête, cependant, que les mesures politiques qui soutiennent les VE de façon financière devraient diminuer au fur et à mesure que la demande augmente. Des subventions et baisses d'impôts soutenues à grande échelle ne seront pas faisables pour les budgets nationaux. Il faut aussi tenir compte des autre coûts, comme les coûts d'utilisation de l'infrastructure (qui devraient finalement inclure les coûts de déploiement). Il est donc très peu probable que les coûts d'achat des VE et VC s'égalisent dans les années à venir. L'intégralité des coûts associés à l'utilisation des deux véhicules, n'atteindront la parité (au moins, dans les prochaines années) que si les réductions des coûts d'opération des VE réalisent tout leur potentiel. Ceci implique aussi qu'un taux d'utilisation (le nombre total de kilomètres) très élevé sera une condition cruciale de la rentabilité du remplacement d'un VC par un VE.

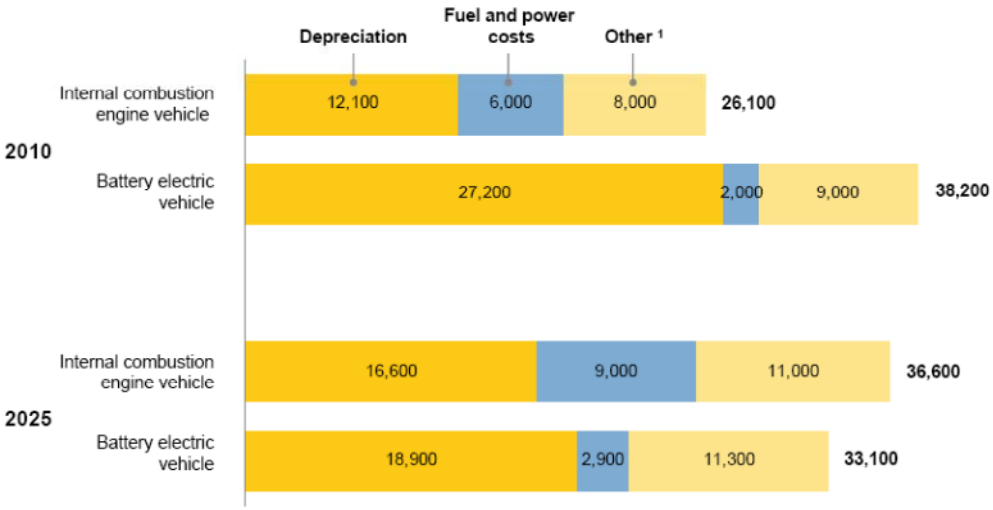
Plusieurs études sur le coût total de la possession d'un VE supportent cette conclusion. Même si ces coûts totaux dépendent des paramètres et conditions locales (par exemple, le coût du carburant, les subventions d'achat, la consommation, etc.), ainsi que des hypothèses spécifiques faites sur le prix d'achat, la période détention et le kilométrage annuel, tous les scénarios de comparaison des coûts s'accordent sur la même conclusion, peu favorable aux VE.

La figure ci-dessous présente les résultats en coût par kilomètre extraits d'une analyse des coûts totaux de possession effectuée par EDF (2009). On remarque que les VE ne parviennent pas à éclipser les VC, ni en 2012, ni en 2020, sous des conditions « moyennes » (adoptant une distance parcourue de 8 000 à 15 000 km/an en fonction du type d'usage, et des coûts de batterie de 800 €/kWh en 2012). Évidemment, la différence entre les coûts diminue de façon importante. Néanmoins, vu que les coûts pour les VC devraient aussi diminuer, que des coûts initiaux fixes présentent toujours une pénalité supérieure à celle liée à des coûts qui apparaissent progressivement au cours du temps, et que même en 2020 les VE n'arrivent pas à dépasser les VC, le scénario des conditions « moyennes » n'est pas très encourageant pour l'adoption des VE.



[Figure 19 : Coûts totaux de possession par km pour VC (véhicule conventionnel – ici CV), VHR (véhicule hybride rechargeable) et VE (véhicule électrique) en 2012 et 2020 (EDF, 2009)]

Une deuxième étude, effectué par Oliver Wyman (2010) présente des résultats plus prometteurs. La rentabilité des VE peut être atteinte dès 2025, avec un détention de seulement 4 ans et un usage annuel de 15 000 km. La figure 20 ci-dessous présente les résultats par type de véhicule et catégorie de coûts.

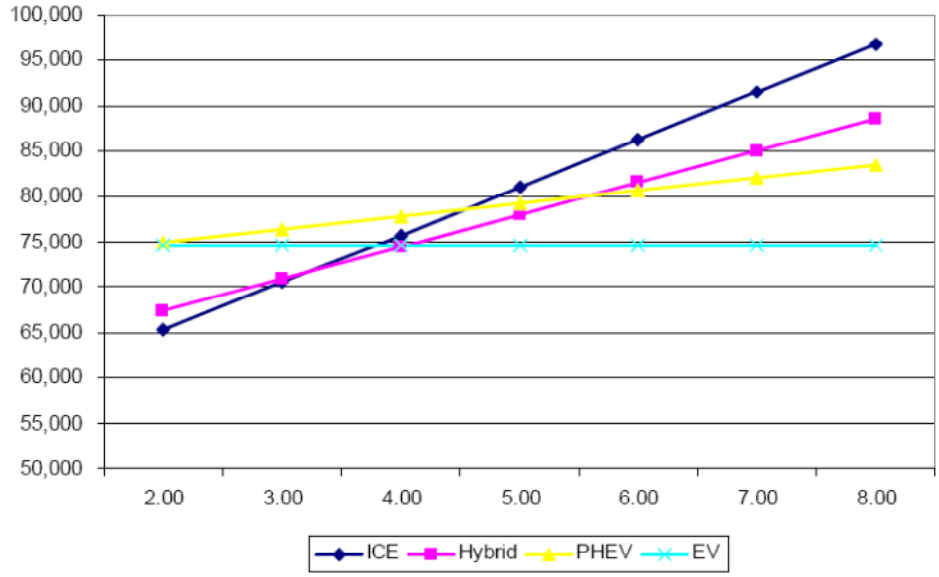


[Figure 20: Coût total de possession pour un VC et un VE en 2010 et 2025 (Oliver

Wyman, 2010)]

La grande différence des coûts n'est pas encourageante pour l'adoption des VE dans les prochaines années.

Une étude par Deutsche Bank (2009) se propose également d'évaluer le coût total de la possession. La figure 21 présente les coûts (en $) en fonction du prix du carburant (en $/gallon). L'étude présente comme résultat le prix du carburant nécessaire pour atteindre une égalité des coûts, donnée une période d'usage de 10 ans et une distance annuelle de 15 000 miles (24 000 km). De plus, l'étude repose sur des prévisions du prix des batteries en 2015, et sur l'hypothèse d'une croissance annuelle de 1 000 $ dans le coût des VC pour satisfaire aux lois sur les économies de carburant. Les hypothèses sur l'évolution du prix de l'électricité ne sont pas précisées, donc il est probable que cette étude suppose le prix d'électricité constant.

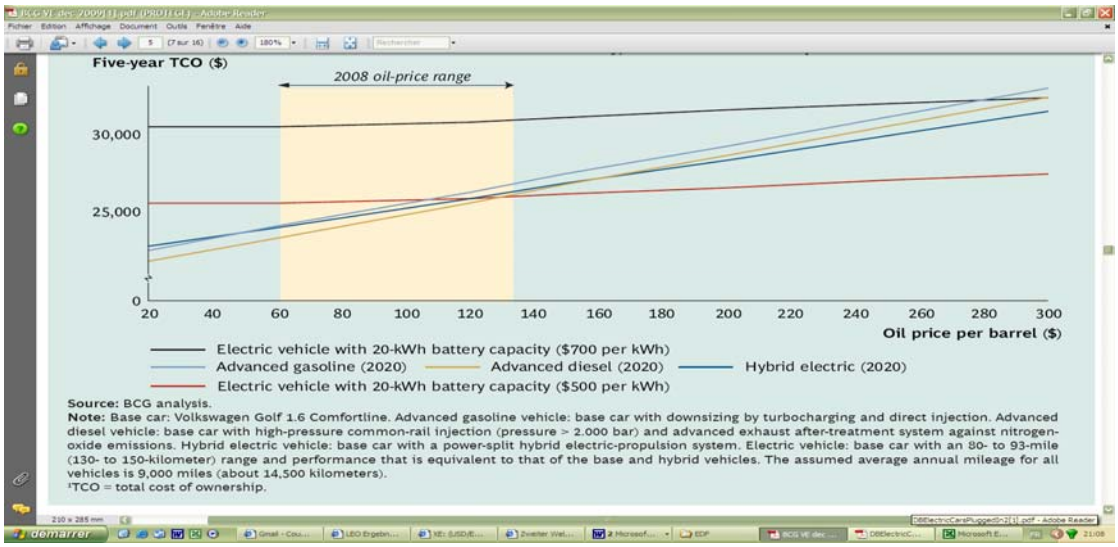


[Figure 21 : Coût total de possession pour différentes technologies automobile en 2015 (Deutsche Bank, 2009)]

Les résultats de cette étude de Deutsche Bank (2009) sont probablement les plus prometteurs. La figure 21 montre que les VE ont une meilleure rentabilité que les VHR, et entrent en concurrence avec les VC, dès que le prix du carburant dépasse 4 $/gallon (équivalent à environ 0.7 €/litre). Évidemment cette étude, sans prendre en compte les subventions gouvernementales et les réductions d'impôts, présente un scénario nettement plus favorable aux VE dans l'année 2015 que les autres études ici-discutés. Ceci est dû en partie aux hypothèse avantageuses faites sur le prix des batteries en 2015, dont le coût est placé en-dessous de 500 $/kWh, soit 350 €/kWh. (L'étude d'EDF (2009) fonde ses calculs

sur une hypothèse de 800 €/kWh en 2012 – ce qui est relativement pessimiste par rapport aux conditions actuelles.)

Les résultats d'une étude par BCG (2009) soulignent l'importance des coûts de batterie dans la comparaison des coûts totaux de possession d'un VC et d'un VE. Avec une hypothèse de coûts de batterie de 700 $/kWh en 2020 (encore plus pessimiste que EDF (2009), le VE n'est pas très prometteur : un prix de pétrole extrêmement élevé serait nécessaire pour assurer la rentabilité d'un VE comparé à un VC. Avec une hypothèse plus modérée sur le prix des batteries (une estimation plus raisonnable au vu des évolutions actuelles), le VE devient rentable avec le prix du pétrole de 2008. Cet étude suppose une période d'usage de 5 ans et une distance annuelle de 14 500 km.



[Figure 22 : Coût total de possession pour différentes technologies automobile en 2020 (BCG, 2009)]

Les résultats de ces études présentent deux faits intéressants. Premièrement, il est évident que les résultats varient énormément : le coût total de possession dépend de façon importante de nombreux paramètres dont la valeur est encore inconnue. Deuxièmement, les résultats dépendent de la période d'utilisation du véhicule, et de la distance annuelle parcourue, ainsi que de paramètres locaux comme le coût du carburant et les mesures politiques. Il est donc très difficile de former une estimation précise des coûts futurs : on peut seulement se former une idée.

Néanmoins, ces études montrent que la rentabilité des VE, au moins avec les informations dont nous disposons, semble difficile à atteindre. Les VE ont peu de chance de devenir rentables, avec des taux d'usage moyens, avant 2015, 2020 ou même 2025 (en fonction de l'étude).

Une niche possible

On peut conclure que seul un kilométrage relativement élevé peut rendre un VE rentable de nos jours. Par exemple, un kilométrage de 30 000 km par an, sur une période d'usage de 8 à 10 ans, peut probablement facilement assurer la rentabilité d'un VE comparé à un CV – même avec les coûts d'achat, de carburant et d'électricité actuels. Un kilométrage annuel de 30 000 km peut correspondre à une journée de travail de 120 km/jour, comptant 250 journées de travail par an. Un tel kilométrage est nettement au-dessus de la moyenne nationale ; cependant ce n'est pas inimaginable pour un véhicule de travail, en particulier dans des régions rurales.

4.2 Grand défis des zones rurales de nos jours

Déjà esquissé dans le chapitre 2.3, un grand défi des zones rurales en ce qui concerne le transport est la provision de transports en commun pour assurer la mobilité de toute la population de la région. De plus en plus, la mobilité individuelle dans les zones rurales repose sur la possession de véhicules privés. Les lignes de transports en commun, bus inclus, ne sont plus aussi fréquentes que par le passé. Il est devenu très coûteux pour les opérateurs de transports, publics et privés, de fournir de tel services.

Cependant, la demande de mobilité ne devrait pas être ignorée. Non-satisfaites, ces demandes de transport peuvent entraîner une stagnation économique, et éventuellement une migration vers des zones plus urbaines, où ces demandes sont plus réduites (grâce aux distances réduites entre les activités réguliers) et plus faciles à satisfaire.

Les jeunes en particulier, privés de permis de conduire, sont souvent parmi la population rurale la plus handicapée par le manque de mobilité. `Du fait de leur âge, les jeunes reposent sur les transports publics pour tout déplacement indépendant. Les personnes âgés, n'étant plus en état de conduire elles-mêmes, sont également dépendantes des systèmes de transports publics. De plus, leur condition physique crée fréquemment un besoin de services spéciaux. Finalement, les personnes handicapées économiquement ne peuvent pas se procurer un véhicule privé et doivent donc s'appuyer, dans les zones rurales, sur les services de transport publics.

La viabilité et le bien-être des populations décrites ci-dessus dépendent donc des services de transports publics. Cependant, les zones rurales ne sont pas assez rentables pour les services de transport traditionnels (faute d'une clientèle suffisante, entre autres).

Solutions possibles

Les services de transport à la demande, décrits dans le chapitre 2.3, présentent donc une solution faisable et viable pour toutes les parties impliquées : les utilisateurs profitent d'un service de transport public offrant plus de flexibilité par rapport aux offres traditionnelles (comme les lignes de bus), tandis que les opérateurs de service bénéficient d'une plus grande clientèle et de services plus efficaces, avec le potentiel de rentabilité.

Les systèmes de covoiturage de pair-à-pair peuvent également être envisagés comme une solution pour les zones rurales. Cependant, ce ne serait pas à l'avantage de toutes les populations discutés ci-dessus : ni les jeunes, ni les personnes âgées (et les personnes avec un handicap physique) n'y auraient accès. De plus, le covoiturage de pair-à-pair demandent une certaine densité de ménages afin de permettre le fonctionnement du système : cette densité n'est pas atteinte dans toutes les zones rurales. La faible densité est le plus grand obstacle au développement de tel systèmes. Même si ces systèmes ont le potentiel de fournir facilement de la mobilité à toute la population, ils demandent une zone de dense population afin d'être viables économiquement.

On peut donc conclure que les systèmes de transport à la demande (TD) présentent le meilleur moyen possible d'assurer la mobilité dans les régions rurales. En plus des avantages esquissés ci-dessus, ces systèmes ont aussi le potentiel d'attirer les individus qui sont déjà habitués à leur propre véhicule, en baissant les coûts de transport et en augmentant la flexibilité (par exemple, en facilitant les voyages à sens unique et en offrant des services de porte à porte). Les services de transport à la demande peuvent donc contribuer à la réduction d'émissions qui ont comme source le secteur des transports.

4.3 Potentiel des VE dans les zones rurales

Les deux chapitres précédents ont exploré séparément le déploiement possible de VE, en faisant référence à des longues périodes d'usage avec un kilométrage important, et les défis de transport dans les zones rurales. La combinaison des deux livre une solution innovatrice de déploiement de VE dans les zones rurales : simultanément une solution viable pour le déploiement des VE et une remède aux problèmes de mobilité dans les zones rurales.

L'introduction des services de transport à la demande équipés de VE semble une solution parfaite pour les besoins de transport dans les zones rurales. Cette solution combine les avantages des services de transport à la demande en général (détaillés ci-dessus), et en partie les avantages suivant qui sont particulier aux déploiements de VE :

-Grâce aux potentiel d'utilisation importante des véhicules, l'achat d'un VE serait facilement rentabilisé. De façon encore plus significative, une source de profits majeure réside dans les économies de carburant qui pourraient être réalisées, par rapport à des véhicules conventionnels qui consomment davantage d'énergie, créant une situation encore plus rentable par rapport aux VC.

La question de l'autonomie des VE est facilement traitée dans leur déploiement comme véhicule de TD. Les services TD sont caractérisés par des véhicules qui circulent sur des trajets fixes, semi-fixes ou complètement flexibles. Cependant, un certain point de départ et/ou d'arrivé est généralement précisé. Un dense réseau d'infrastructures de recharge n'est donc pas nécessaire. Au cas où le trajet des véhicules dépasse la portée de leur

batterie, ils peuvent être facilement rechargés au cours de la journée (par exemple, à des stations de recharge ultra-rapides ou à une station d'échange de batteries). Pendant la nuit (ou durant la journée – en fonction de l'offre de services de transport), les véhicules peuvent être rechargés à des stations à « vitesse lente » à leur centre d'opérations. Des stations de recharge ultra-rapides qui peuvent accommoder plusieurs véhicules à la fois ne sont pas nécessaires si les algorithme de trajet et d'horaires prennent en compte un usage optimal de l'infrastructure de recharge. L'infrastructure de recharge, extrêmement coûteuse, peut donc être minimale : les activités de recharge pourraient même être réduites grâce aux recharges « automatiques » pendant la nuit. Le marché pour les VE peut donc être soutenu de façon efficace, avec un fort taux d'utilisation dans la population. Évidemment, ce déploiement serait pour les véhicules à haute capacité passagère : les vans et les minibus.

Une approche collaborative

Comme le projet VLOTTE l'a démontré, une coopération étroite entre les groupes concernés semble contribuer à rendre l'offre de services de mobilité plus acceptable pour la population. Un service TD de VE devrait donc également être fondé sur une approche collaborative. Une liste des possible partenaires d'un tel projet de déploiement suit :

-Les *Instituts de recherche* qui cherchent une opportunité d'augmenter l'utilisation et de développer le déploiement des VE. En particulier, le taux d'usage élevé de ces véhicules rendrait le projet intéressant à étudier. Des questions d'ordre mathématique pourraient également être explorées, par exemple le choix optimal d'itinéraires et d'horaires, contraint par les besoins de recharge des véhicules.

-*Les constructeurs de VE* qui souhaitent promouvoir leurs véhicules et tester de nouvelles technologies dans des conditions d'usage élevé.

-Les *fournisseurs d'électricité et d'infrastructures de recharge* qui souhaitent tester leur équipement et les effets potentiels d'une augmentation de la demande de VE sur le réseau électrique. En particulier, les fournisseurs d'électricité durable pourraient se joindre à une consortium, dans les cas où un système de transport complètement « vert » est un objectif jugé intéressant.

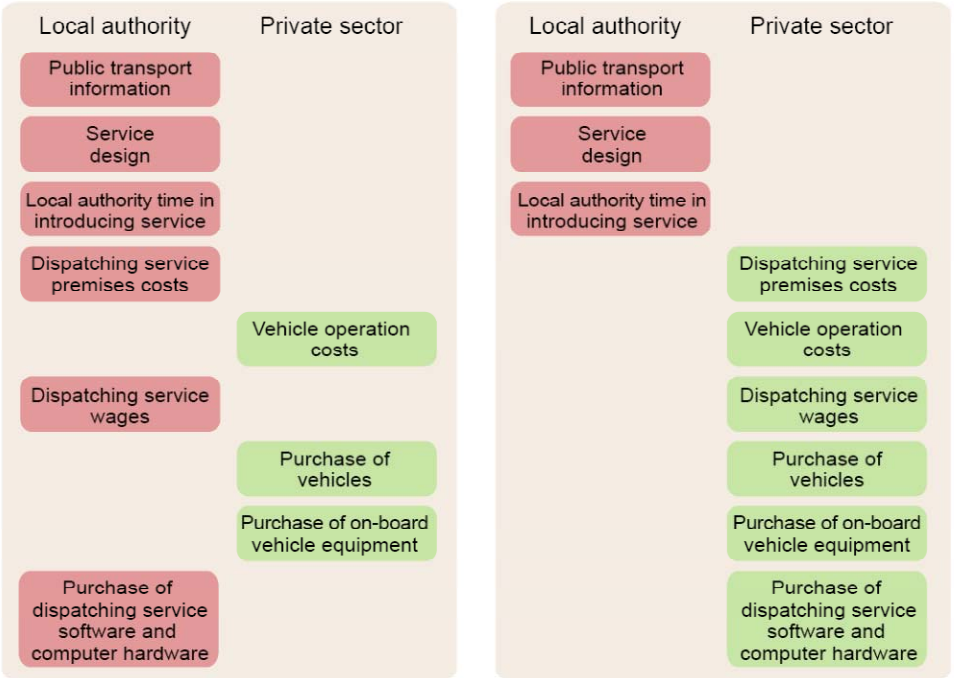
-Les *autorités publiques* à la recherche de solutions moins coûteuses pour répondre à la demande de transport locale, et qui ont donc intérêt à financer un tel projet de façon continue.

-Les *Autorités de transports publics* qui veulent promouvoir l'utilisation des transports en commun, par exemple en offrant des billets combinés ou des offres de mobilité composites qui réduisent les coûts de voyages multi-mode en se servant de services TD. Il est établi que la clientèle des transports publics croît généralement à la suite de l'introduction de services TD. (Mageean et Nelson, 2003)

-Les *Fournisseurs de services pour véhicules* qui souhaitent accumuler de l'expérience avec cette nouvelle technologie automobile – une expérience qui deviendrait certainement utile dans cet environnement de développement de VE.

Partenariat public-privé

Étant donné la contribution potentielle d'un service TD à l'ouverture et l'accessibilité d'une région, les autorités locales et régionales sont certainement enthousiastes envers ce service, qui pourrait réduire les dépenses publiques affectées aux transports en commun et en même temps améliorer l'accès à la région en question et son développement économique. Un partenariat public-privé (PPP) serait une solution vitale pour un service TD, qui n'a que peu de chances de couvrir ses coûts, quel que soit marché (Mageenan et Nelson, 2003) et donc n'est pas suffisamment attractif pour les opérateurs privés. De plus, Mageenan et Nelson (2003) notent que la viabilité des services TD, en tant que système indépendant, n'a pas encore été démontré : la viabilité est donc mesuré en tant que moyen de fournir de la mobilité aux citoyens et la comparaison doit se faire avec les autres services de transports publics. Des systèmes de transport multi-modaux pourraient être viables, si les coûts prennent en compte les économies en temps de voyage et en termes d'impact environnemental : d'autres aspects du TD qui seraient appréciés par une autorité locale, et stimuleraient leur participation à un PPP. Brake et al. (2006) observe le grand potentiel des PPP dans ce qui concerne les services TD, et propose deux exemplaires de la répartitions des tâches et des coûts (voir la figure ci-dessous).



[Figure 23: Idée pour le partage de responsabilités dans un PPP (Brake et al., 2009)]

D'après la figure 23, il existe clairement de nombreuses façons d'organiser un système TD parmi les groupes intéressés. Les détails de la répartition dépendront du contexte régional, et de la réticence des autorités locales à contribuer à un tel système.

Conclusions

Évidemment, les détails du déploiement d'un système DRT électrique doivent être explorés plus profondément, en particulier en ce qui concerne la spécification de la zone de déploiement proposée. Cependant, la solution proposée semble avoir beaucoup de potentiel, en particulier dans les zones rurales. De nombreux groupes d'intérêt pourraient bénéficier d'un tel système : l'autorité publique a toutes les raisons d'offrir un soutien robuste à son développement.

Références

ADEME (2009), *L'autopartage dans la sphère privée*, Étude réalisée par ADETEC pour le compte de l'ADEME et du MEEDDM dans le cadre du PREDIT (GO 3).

ADEME (2010), *Caractérisation de services et usages de covoiturage en France : Quels impacts sur l'environnement, quelles perspectives d'amélioration ?*, Synthèse du rapport final.

Ambrosino, G.. Nelson, J.D, Romanazzo, M.(2003), *Demand Responsive Transport Services: Towards the Flexible Mobility Agency*, ENEA, Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment, Rome, Italie.

Amey, A., Attanucci, J., Mishalani, R. (2011), *"Real-Time" Ridesharing – The Opportunities and Challenges of Utilizing Mobile Phone Technology to Improve Rideshare Services*, présenté au : Transportation Research Board Annual Meeting, 23-27 janvier, Washington D.C.

Avem (2010), ressource en-ligne : http://www.avem.fr/actualite-projet-save-100-voitures-electriques-en-experimentation-dans-les-yvelines-1430.html, consulté le 26 février 2011.

Autolib (2011), ressource en-ligne : http://www.autolib-paris.fr/, consulté le 6 mars 2011.

Bailey, D. , Krolicki, K. (2010), *Chevy Volt tops Prius in fuel economy rating*, Reuters, Nov 24., http://www.reuters.com/article/2010/11/24/us-gm-volt-idUSTRE6AN65K20101124, consulté le 25 février 2011.

BBC (2003), News online in Washington, Rachel Clarke, *Slugging to avoid Washington slog*, Oct 15, http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/3134002.stm, consulté le 5 février 2011.

BCG (2009), The Boston Consulting Group, Book M., Groll M., Mosquet X., Rizoulis D., Sticher G., *BCG Focus: The Comeback of the Electric Car? – How Real, How Soon, and What Must Happen Next*.

BeMobility (2011), ressource en-ligne: http://www.bemobility.de/site/bemobility/de/start.html, consulté le 25 février 2011.

BetterPlace (2011), ressource en-ligne: www.betterplace.com, consulté le 25 février 2011.

BMWi (2011), ressource en-ligne: http://www.bmw-i.de/de_de/, consulté le 25 février 2011.

Carpenter, S. (2010), *Review: Chevy Volt — electrifying*, Los Angeles Times, 21 octobre, http://articles.latimes.com/2010/oct/21/business/la-fi-autos-chevrolet-volt-review-

20101021, consulté le 25 février 2011.

Castex, E. (2007), *Le Transport À la Demande (TAD) en France : de l'état des lieux à l'anticipation*, Thèse de doctorat de géographie, Université d'Avignon.

CERTU (2007), *Le covoiturage en France et en Europe – Etat des lieux et perspectives*, Octobre.

Cervero, R., Golub, A., Nee, B. (2007), *City CarShare: Longer-Term Travel Demand and Car Ownership Impacts*, Transportation Research Record.

Chan, N., Shaheen, S. (2011), *Ride Sharing in North America: Past, Present and Future*, Transport Sustainability Research Center, University of California, Berkeley, Présenté au : Transportation Research Board Annual Meeting, 23-27 janvier, Washington D.C.

Clean Vehicle (2011), ressource en-ligne: http://www.cleanvehicle.eu/index.php?id=271, consulté le 27 février 2011.

Daimler (2011), ressource en-ligne: http://www.daimler.com/dccom/0-5-1205259-1-1193366-1-0-0-0-0-0-13-7145-0-0-0-0-0-0-0.html, consulté le 25 février 2011.

Deutsche Bank (2009), Lache R., Galves D., Nolan P., Global Market Research, *Electric Cars : Plugged In - A mega theme gains momentum*, 3 novembre.

EDF (2009), *Quelles perspectives pour les infrastructures de charge?*, Présentation du chair 'Developpement durable', 29 septembre.

EDF (2011), Présentation par Igor Czerny, Direction des Transport et Véhicules Electriques, 24 janvier.

EnergieAgentur.NRW, (2009), '*Modellregion Rhein-Ruhr*', Duesseldorf, D.

Ecoplan (2009), *One Thousand World Carshare Cities in 2009*, http://ecoplan.org/carshare /general/cities.htm#on, consulté le 6 février 2011.

EcoTechnologies (2010), Objectif Terre des Hommes, http://www.electron-economy.org, '*BetterPlace, un business rentable ?*', 16 décembre, http://www.electron-economy.org/article-betterplace-un-business-rentable-63133514.html, consulté le 20 décembre.

EcoWorld (2011), *REVA i und REVA L-ion*, http://www.eco-world.de/scripts/basics/eco-world/service/produkte/basics.prg?session=42f9412e 4b96cad7_924195&a_no=211 consulté le 25 février 2011.

GoAuto (2010), *Mitsubishi first to launch EV in Australia*,2 Juin, http://www.goauto.com.au

/mellor/mellor.nsf/story2/F6D8E5F2CAD6EF41CA257736002CA6D6, consulté le 25 février 2011.

Greater London Authority (2009a), '*London's Electric Vehicle Infrastructure Strategy*', (brouillon), décembre, Royaume Uni.

Greater London Authority (2009b), '*An Electric Vehicle Delivery Plan for London*', Presentation, mai, Royaume Uni.

Greenaer (2011), *How much is a REVAi to buy?*, http://www.greenaer.ie/faqs.php#13, consulté le 25 février 2011.

Green Car Congress (2009a), *BMW and UC Davis Partner on MINI E Study*, 14 août, http://www.greencarcongress.com/2009/08/bmw-ucdavis-20090814.html, consulté le 25 février 2011.

Green Car Congress (2009b), *BMW Delivers 40 Electric MINI E Cars for UK Trial*, 14 décembre, http://www.greencarcongress.com/2009/12/minie-20091214.html, consulté le 25 février 2011.

Green Car Congress (2010), *Chevrolet Volt MSRP Starts at $41,000, $33,500 Net of Full Federal Credit; 3-year Lease Program with Option to Buy*, 27 juillet, http://www.greencarcongress.com/2010/07/chevrolet-volt-msrp-starts-at-41000-33500-net-of-full-federal-credit-3year-lease-program-with-option.html#more, consulté le 25 février 2011.

Hampshire, R., Gaites, C. (2011), *Peer-to-Peer Car Sharing: Market Analysis and Potential Growth*, School of Public Policy and Management, Carnegie Mellon University, Présenté au : Transportation Research Board Annual Meeting, 23-27 janvier, Washington D.C.

Leurent, F., Windisch, E. (2011), *Stimuler le développement de la mobilité électrique : Une revue de politiques et projets territoriaux*, presented at the Congrès international de l'ATEC, 2-3 février, Versailles.

Lidicker, J., Lipman, T., Williams, B. (2011), *Analysis of an electric vehicle subscription service model that includes battery swapping for the San Francisco Bay Area market*, présenté au : 90th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, DC, 23-27 janvier.

Mairie de Paris (2010), *Autolib c'est pour bientôt*, 23 décembre, http://www.paris.fr/portail/pratique/Portal.lut?page_id=9601&document_type_id=5&document_id=80594&portlet_id=23654, consulté le 6 mars 2011.

Martin, E., Shaheen, S., Lidicker, J. (2010), *Impact of Carsharing on Household Vehicle*

Holdings, Transportation Research Record, Vol. 2143.

McKinsey&Company (2009), *China's green revolution – Prioritizing technologies to achieve energy and environmental sustainability*, février.

Mageean, J., Nelson, J. (2003), *The evaluation of demand responsive transport services in Europe*, Journal of Transport Geography 11 (2003) 255-270.

Michaux, F. (2010), *Quelques stratégies nationales 'voitures propres'*, Confrontations Europe, Présentation à 'Les entretiens européens: A la recherche de la Voiture propre', 15 avril, Paris, France.

Millard-Ball, A., Murray, G., Ter Schure, J., and Fox, C. (2005), *Car Sharing: Where and How it Succeeds, TCRP Report 108,*.Transportation Cooperative Research Program, Report 108.

Mitsubishi (2011), communiqués de presse, http://www.mitsubishi-motors.com/publish/pressrelease_en/index.html, consulté le 25 février 2011.

Mobilité Durable (2010), ressource en-ligne: http://www.mobilite-durable.org/l-observatoire/les-blogs-invites/projet-save--une-premiere-experimentation-sur-les-voitures-electriques.html, consulté le 26 février 2011.

Mopeasy (2011), ressource en-ligne: http://mopeasy.fr/, consulté le 6 mars 2011.

Nissan (2010), *Order books open for Nissan Leaf in Europe*, July 30, http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2010/_STORY/100730-01-e.html?rss, consulté le 25 février 2011.

NRW.INVEST GmbH (2009), *Model region for electric mobility North Rhine-Westphalia*, Economic Development Agency of the German State of North Rhine-Westphalia (NRW), septembre, Duesseldorf, D.

Oliver Wyman (2010), E-Mobility 2025 – Power Play with electric cars, Management Summary, online accessible via www.oliverwyman.com, accédé décembre 2011.

Pinto, M. C., Neves, T. J. (2010), *Mobi.E: The Portuguese Programme for Electric Mobility*, présenté au European Transport Conference 2010, Glasgow, Ecosse, Royaume Uni.

PlugInCars (2010), *Volkswagen Says Electric Golf Not Coming Until 2014, Punts on Electric Jetta*, 11 novembre, http://www.plugincars.com/volkswagen-says-electric-golf-not-coming-until-2014-punts-electric-jetta-106433.html, consulté le 25 février 2011.

PlugInCars (2011c), *Ford Focus Electric*, http://www.plugincars.com/ ford-focus-electric consulté le 25 février 2011.

PlugInCars (2011b), Coda Electric Sedan, http://www.plugincars.com/ coda-electric-sedan, consulté le 25 février 2011.

Renault (2011), *Fluence Z.E.*, ressource en-ligne: http://www.renault.com/en/vehicules/renault/ pages/fluence-ze.aspx, consulté le 25 février 2011.

Reuters (2010), *UPDATE 2-Mitsubishi to cut price of electric cars – Nikkei*, 17 juin, http://www.reuters.com/article/2010/06/18/mitsubishimotors-idUSSGE65G0 HP20100618, consulté le 25 février 2011.

Shaheen, S., Cohen, A., Robert, J. (2006), *Car Sharing in North America: Market Growth, Current Developments, and Future Potential*, Transportation Research Record, Vol. 1986, p. 19.

Slug-Lines (2010), ressource en-ligne: http://www.slug-lines.com/Index.htm, consulté le 25 février 2011.

Smart (2011), ressource en-ligne: http://www.smart.com/, consulté le 25 février 2011.

Solvoll, G., Mathisen, T.A. and Jørgensen, F. (2010), *Electric Vehicles – Challenges with market introduction and practical user experiences*, Bodø Graduate School of Business, Norway, présenté au : European Transport Conference 2010, Glasgow, Royaume Uni.

Sullivan, E., Magid, L. (2007), *Bringing Car Sharing to Your Community – Long Guide*, San Francisco: City CarShare, http://www.citycarshare.org/download/CCS_BCCtYC_Long.pdf, consulté le 6 février 2011.

Tesla (2011), ressource en-ligne: http://www.teslamotors.com/about/press, consulté le 25 février 2011.

TfL (2010), *Guidance for implementation of electric vehicle charging infrastructure*, Transport For London, First Edition, avril.

Think (2011), ressource en-ligne: http://www.thinkev.com/, consulté le 25 février 2011.

Think Austria (2011), ressource en-ligne: http://www.thinkev.at/, consulté le 25 février 2011.

Trader-Finance (2011), *Renault : Twizy sera vendu à partir de 6.990 Euros en Europe hors incitations fiscales locales*, 1 mars, http://bourse.trader-finance.fr/actualite/Renault+Twizy+sera+vendu+a+partir+de+6+990+Euros+en+Europe+hors+incitations+fiscales+locales+423349.html, consulté le 7 mars.

TU Wien (2010), *Begleitforschung der TU Wien in VLOTTE – Endbericht*, Vienna

University of Technology, Institut fuer Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, 19 avril, accès en-ligne via http://www.e-connected.at/userfiles/Projektbericht%20VLOTTE.pdf.

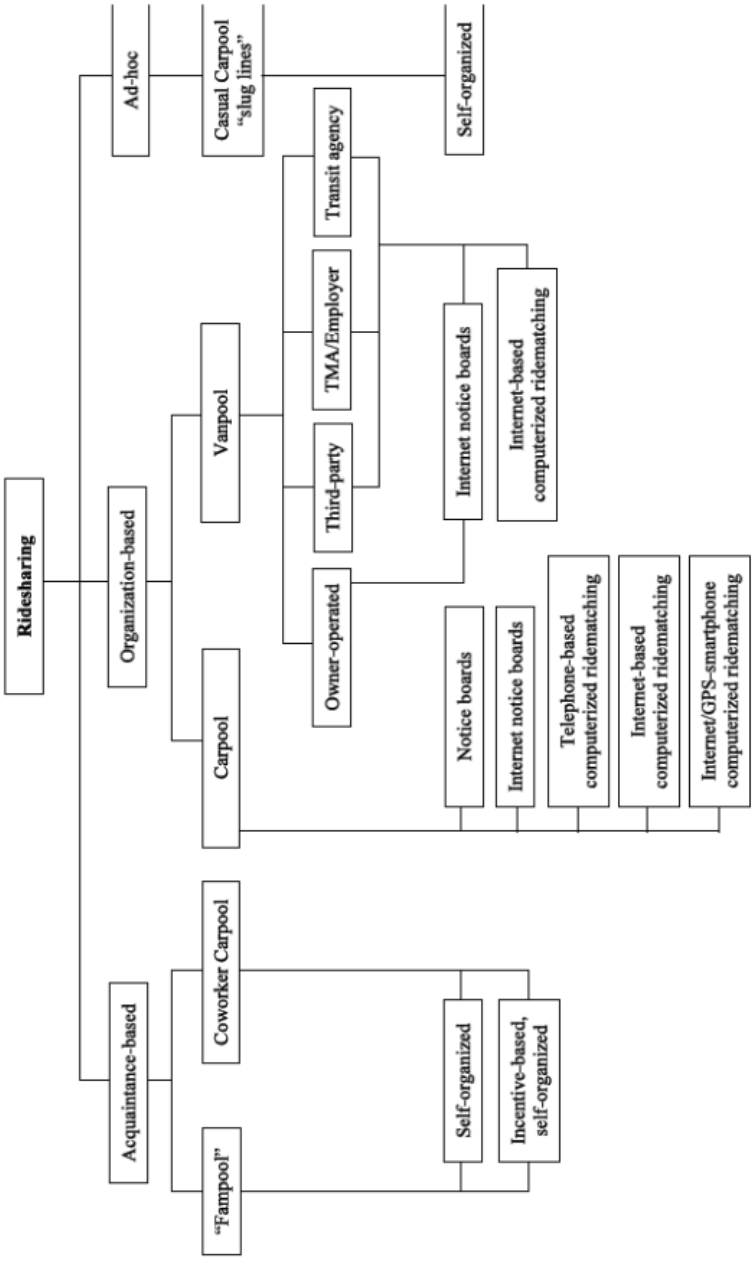
Vattenfall (2011), ressource en-ligne: http://www.vattenfall.de/de/mini-e-berlin.htm, consulté le 25 février 2011.

Vlotte (2011), ressource en-ligne: http://www.vlotte.at/, consulté le 25 février 2011.

Yelomobile (2011), ressource en-ligne: http://www.yelomobile.fr/, consulté le 25 février 2011.

Yvelines (2011), Conseil Général, ressource en-ligne: http://www.yvelines2.yvelines.fr/actus/save/index.html, consulté le 25 février 2011.

Annexe



[Figure A1 : Typologie des concepts de covoiturage proposée par Chan et al. (2011)]

Technologies nécessaires au covoiturage en temps réel

Amey et al. (2011) recensent les technologies suivantes, sur lesquelles repose le covoiturage en temps réel:

(1) Smart Phones – de nombreux concepts de services nécessitent l'usage de smart phones, qui prolifèrent sur le marché. Les entreprises qui développent les logiciels de covoiturage « en temps réel » concentrent leurs efforts sur des plate-formes à interface attractives et faciles à utiliser, comme l'iPhone (Apple) et la plate-forme Android de Google.

(2) Continuité de connexion au réseau – le besoin de communiquer des demandes de trajet, et d'accepter des offres rapidement, nécessite une connection continue et ininterrompue au réseau. Les fournisseurs de smart phones proposent généralement (ou imposent) des forfaits illimités, ce qui facilite une connexion continue.

(3) Fonction GPS – plusieurs applications qui tiennent comptent de la localisation de l'utilisateur incorporent l'usage du *Global Positioning System* (GPS). Autrement dit, les passagers à la recherche d'un trajet n'ont pas à entrer leur position exacte par eux-même, car le GPS intégré dans leur smart phone communique cette information automatiquement quand des trajets sont enregistrés. Cette fonctionalité est souvent mise en avant en raison des gains de temps qu'elle offre.

(4) Algorithme d’appariement de trajets – tous les systèmes de covoiturage « en temps réel » reposent sur un algorithme pour apparier les trajet et les passagers. Certains algorithmes apparient en fonction uniquement du point de départ et de la destination, tandis que certains algorithmes récents tiennent compte de plusieurs trajets et des sections communes à plusieurs utilisateurs.

(5) Entrepôt de données – tous les systèmes « en temps réel » (ainsi que tous les système de covoiturage qui connectent les utilisateurs via Internet) stockent les informations pertinentes au covoiturage dans un serveur de données. Ces données peuvent inclure la liste d'offres et de demandes de trajets à un moment donné, les profils individuels des utilisateurs et des statistiques sur leur participation. La plupart des services de covoiturage « en temps réel » (mais pas tous) incorporent des fonctions additionnelles, comme :

(6) Profils des utilisateurs enregistrés – Les fournisseurs permettent aux utilisateurs la création et l'enregistrement de profils. Un profil typique contient Des données personnelles comme le nom, l'employeur, l'emplacement du domicile et du lieu de travail, déplacements réguliers avec le trajet favori, et une photo. Certains systèmes demandent également l'inclusion de la photo du permis de conduire et le numéro d'immatriculation. Ces profiles enregistrés demandent un investissement en temps de la part des participants, mais facilitent en contrepartie les demandes de trajets futures.

(7) Intégration des réseaux sociaux – afin d'améliorer l'appariement, certains fournisseurs relient leur service à des réseaux sociaux existants, en effet, les individus préfèrent généralement partager leurs trajets avec des individus déjà familiers, ou avec qui ils partagent des caractéristiques communes. Pour certain, ceci entraine l'incorporation de leur service avec des réseaux en-ligne comme « Facebook ». Dans ces cas, les amis inclus dans le réseau Facebook immédiat d'un individu sont considérés en priorité dans la recherche de trajets. Pour d'autre fournisseurs, « l'intégration aux réseaux sociaux » se concentre plutôt sur la provision de services à un organisme ou une institution spécifique. Dans ces cas là, seul les collègues du même organisme sont considérés comme possibles partenaires.

(8) L'évaluation des participants – les services « en temps réel » peuvent permettre aux participants de s'évaluer mutuellement, tout comme le service d'enchères en ligne « eBay ». Après chaque trajet, le service demande au passager et au conducteur de soumettre des évaluation. Cette fonction est sensé permettre aux futurs utilisateurs d'évaluer rapidement des partenaires potentiels, en fonction de leurs expériences passées. En théorie, les utilisateurs avec le plus d'évaluation positives sont probablement les partenaires de covoiturage les plus souhaitables.

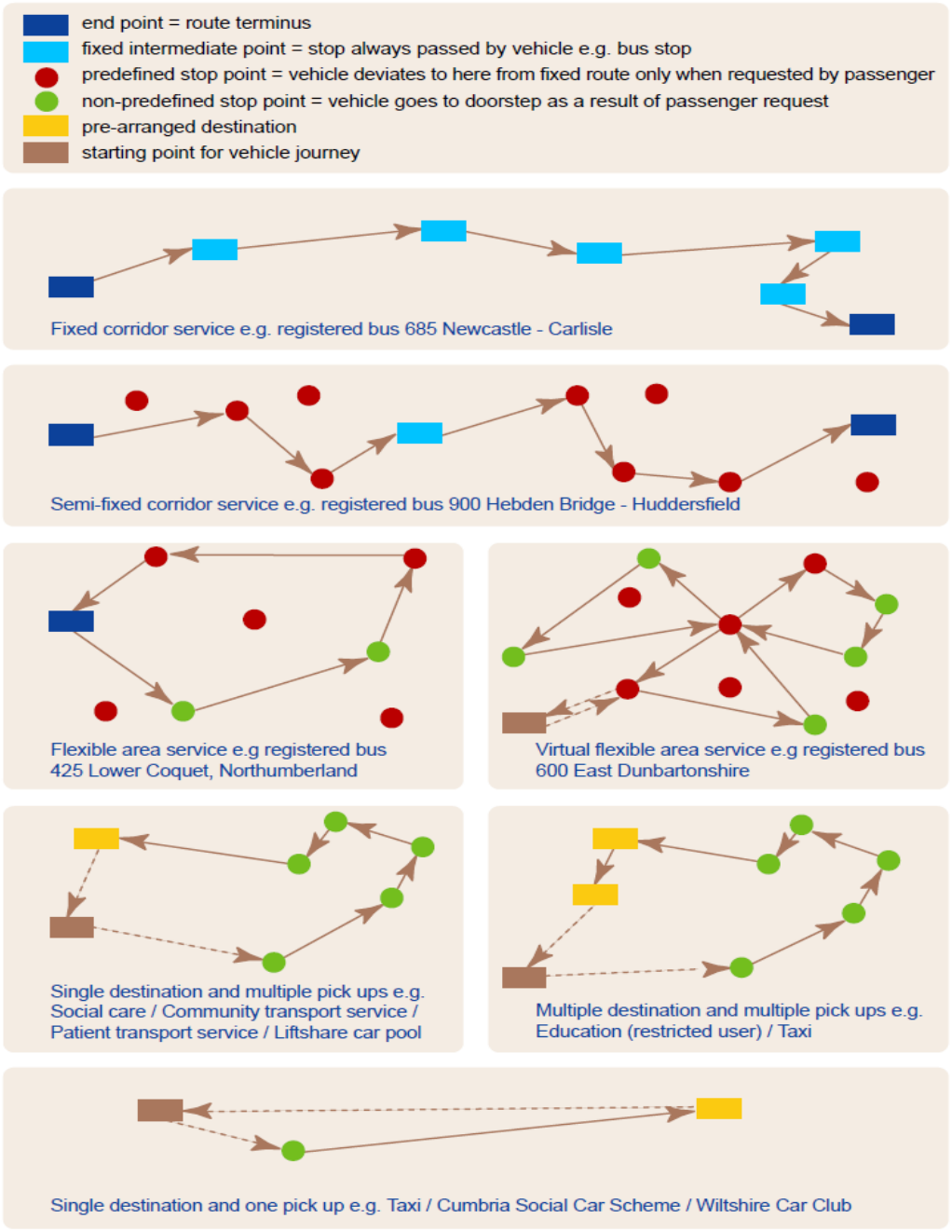
(9) Transactions financières automatiques – les services de covoiturage « en temps réel » peuvent faciliter les transactions financière entre participants. Certains permettent aux participants de choisir leur prix, tandis que d'autres conseillent un prix basé sur les valeurs standard de prix de véhicule du service fiscal *Internal Revenue Service* (IRS). Certains fournisseurs de service facilitent les paiements automatiques sur internet en se servant de systèmes comme PayPal. D'autres fournisseurs calculent tout simplement une suggestion et proposent un partage des coûts, sur la base duquel passagers et conducteurs peuvent négocier le montant final et le moyen de paiement.

(10) Transactions financières automatiques – les services de covoiturage « en temps réel » peuvent faciliter les transactions financières entre participants. Certains permettent aux participants de choisir leur prix, tandis que d'autres conseillent un prix basé sur les valeurs standard de prix de véhicule du service fiscal *Internal Revenue Service* (IRS). Certains fournisseurs de service facilitent les paiements automatiques sur internet en se servant de systèmes comme PayPal. D'autres fournisseurs calculent tout simplement une suggestion et proposent un partage des coûts, sur la base duquel passagers et conducteurs peuvent négocier le montant final et le moyen de paiement.

(11) Incitations et récompenses de fidélité liés à la participation – des fournisseurs de services « en temps réel » peuvent offrir des incitations ou récompenser la fidélité des utilisateurs, en se fondant sur le taux de participation de l'individu, tout comme les programmes de fidélité des compagnies aériennes.

Les individus qui participent plus fréquemment gagnent plus de points ou de récompenses. Les fournisseurs espèrent qu'en offrant des incitations, les participants seront encouragés à annoncer leur trajets plus fréquemment, et des nouveaux participants seront encouragés à se joindre au service.

Concepts d'itinéraire pour services de transport à la demande



(Brake et al., 2006)