



Schwartz and Co
Strategy Consulting

Etude technico-économique pour la mise en œuvre nationale de l'électromobilité au Luxembourg

Rapport final

19 décembre 2011

Version 1.1

Préparé par : Schwartz and Co



Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU DOCUMENT	5
2. PRINCIPAUX RESULTATS	8
3. CARACTERISATION D'UN CONCEPT D'INFRASTRUCTURE DE CHARGE ET TENDANCES INTERNATIONALES.....	13
3.1. Caractérisation d'un concept d'infrastructure de charge	13
3.1.1. Eléments de contexte sur les véhicules rechargeables.....	13
3.1.1.1. Véhicules rechargeables	13
3.1.1.2. Options technologiques pour la charge.....	13
3.1.2. Caractérisation technique d'une infrastructure de charge par conduction	15
3.1.1. Définition des modalités de financement et de l'organisation en termes d'installation et d'exploitation	23
3.2. Tendances internationales.....	25
3.2.1. Eléments clés	25
3.2.2. Standardisation	28
3.2.3. Véhicules électriques et hybrides rechargeables prochainement sur le marché	35
3.2.4. Aperçu des différents plans et projets conduits à l'échelle internationale	38
4. ETAT DES LIEUX DES EXPERIENCES ET INITIATIVES LUXEMBOURGEOISES EN MATIERE D'ELECTRO-MOBILITE	56
4.1. Eléments clés.....	56
4.2. Fournisseurs de solutions	57
4.2.1. Enovos	57
4.2.2. Electricis-Estonteco.....	57
4.2.3. EIDA	58
4.2.4. CityMov'	58
4.3. Projets de déploiement de bornes et de car-sharing	59
4.3.1. Projet Nordstad eMovin.....	59
4.3.2. Projet ZAC eMovin	60
4.3.3. Projet commune de Sanem.....	60
4.3.4. Projet Ville de Dudelange	60
4.3.5. Projet commune de Beckerich.....	61
4.3.6. Projet commune de Mersch	61
4.3.7. Projet Cactus.....	61
4.4. Coordination de la plateforme Elektromobilität	62
5. SPECIFICITES ET BESOINS AU LUXEMBOURG EN MATIERE D'ELECTRO-MOBILITE	62
5.1. Eléments clés.....	63
5.2. Infrastructure	64
5.2.1. Architecture globale	64



5.2.1.1.	Développement du véhicule électrique	64
5.2.1.2.	Utilisation du VE	64
5.2.2.	Bornes.....	67
5.2.2.1.	Types de charge.....	67
5.2.2.2.	Connexion entre le véhicule et la borne.....	68
5.2.2.3.	Communication entre le véhicule et la borne	69
5.2.2.4.	Moyen de paiement.....	69
5.2.2.5.	Fonctionnalités	70
5.2.2.6.	Approvisionnement en électricité de la borne.....	70
5.2.3.	Système de gestion	71
5.3.	Modalités de financement	71
5.4.	Organisation pour l'installation et l'exploitation.....	72
5.5.	Aspects réglementaires.....	72
6.	VARIANTES D'INFRASTRUCTURE DE CHARGE POUR LE LUXEMBOURG	
	74	
6.1.	Architecture globale	74
6.2.	Bornes.....	75
6.2.1.	Types de charge	75
6.2.2.	Connexion entre le véhicule et la borne.....	76
6.2.3.	Communication entre le véhicule et la borne	76
6.2.4.	Moyen de paiement.....	76
6.2.5.	Fonctionnalités de la borne	77
6.2.6.	Approvisionnement en électricité de la borne.....	78
6.3.	Système de gestion des bornes publiques.....	78
7.	ANALYSE ECONOMIQUE.....	79
7.1.	Eléments clés.....	79
7.2.	Principes de calcul.....	80
7.3.	Hypothèses.....	82
7.3.1.	Véhicules	82
7.3.2.	Utilisateurs	83
7.3.3.	Répartition des charges	84
7.3.4.	Répartition des points de charge publics	85
7.3.5.	Types de charge publique.....	87
7.3.6.	Coûts	88
7.3.7.	Utilisation des bornes publiques	91
7.4.	Résultats	92
7.4.1.	Trajectoire de déploiement	92
7.4.2.	Coûts	93
7.4.2.1.	Variante 1.....	93
7.4.2.2.	Variante 2.....	93
7.4.2.3.	Variante 3.....	95



7.4.3.	Coût d'une charge	97
8.	MODALITES DE FINANCEMENT	99
8.1.	Eléments clés.....	99
8.2.	Description des variantes de financement.....	99
8.3.	Impact financier des variantes.....	102
8.3.1.	Méthodologie.....	102
8.3.1.1.	Tarif d'utilisation.....	102
8.3.1.2.	Taxes ou contributions	102
8.3.2.	Résultats	104
8.3.2.1.	Financement via le tarif d'utilisation	104
8.3.2.2.	Financement via un mécanisme de compensation	105
8.3.2.3.	Financement par l'Etat.....	106
8.3.3.	Compléments.....	107
9.	ORGANISATION POUR L'INSTALLATION ET L'EXPLOITATION DE L'INFRASTRUCTURE DE CHARGE	109
9.1.	Eléments clés.....	109
9.2.	Variantes identifiées.....	109
10.	DEFINITION DU CONCEPT.....	112
10.1.	Infrastructure.....	112
10.1.1.	Architecture globale.....	112
10.1.2.	Bornes.....	113
10.1.2.1.	Types de charge.....	113
10.1.2.2.	Connexion entre le véhicule et la borne.....	114
10.1.2.3.	Communication entre le véhicule et la borne	114
10.1.2.4.	Moyen de paiement.....	115
10.1.2.5.	Fonctionnalités de la borne.....	115
10.1.2.6.	Approvisionnement en électricité de la borne.....	116
10.1.3.	Système de gestion et ses fonctionnalités	117
10.2.	Modalités de financement	118
10.3.	Organisation en matière d'installation et d'exploitation	120
10.4.	Stratégie de mise en œuvre	121
10.4.1.	Timing.....	121
10.4.2.	Rôle possible des acteurs clés.....	121



1. Contexte et objectifs du document

Depuis quelques années, le développement de l'électro-mobilité, véhicules électriques et hybrides rechargeables, est à l'ordre du jour de nombreux gouvernements et autorités politiques locales en Europe et dans le reste du monde. L'objectif poursuivi est généralement double : réduction des émissions de gaz à effet de serre, et développement économique en prenant des positions dans la nouvelle filière industrielle qui est en train de se constituer autour d'une chaîne de valeur émergente comprenant :

- La production de batteries.
- La production de véhicules électriques et hybrides rechargeables.
- La mise en place d'infrastructures de charge dans le domaine privé et public.
- La commercialisation ou la mise à disposition des véhicules à travers divers modèles économiques cherchant actuellement à s'affranchir de l'important différentiel de prix d'achat existant entre un véhicule électrique un véhicule traditionnel essence ou diesel.
- Le recyclage des véhicules et batteries, et la seconde vie des batteries.

Dans l'Union Européenne, du fait de leur forte industrie automobile, l'Allemagne et la France sont en pointe avec la mise en place de plans de développement nationaux ambitieux depuis plusieurs années et des initiatives conjointes de standardisation des infrastructures. Début 2009, l'Allemagne et la France ont pris l'initiative de créer un groupe de travail commun composé d'industriels de l'automobile et de l'énergie, chargé de présenter des propositions de normes pour les véhicules électriques pour le Conseil des ministres franco-allemand. L'enjeu est de permettre la charge de tout véhicule électrique ou hybride rechargeable n'importe où en Europe. Ce groupe doit permettre à ces deux pays de faire des propositions de standardisation au niveau européen.

En avril 2010, la Commission Européenne a publié les grandes orientations de son plan stratégique en faveur des véhicules propres, très axé sur le développement du véhicule électrique et visant notamment à établir au plus vite, un standard européen unique pour les bornes de charge des véhicules électriques, afin d'évacuer les problèmes d'interopérabilité entre les Etats européens.

Au Luxembourg, une filière de l'électro-mobilité a commencé à se structurer grâce à la création d'une plate-forme (elektromobilitat.lu) à l'initiative du plus grand fournisseur d'électricité du pays, Enovos, et du Centre de Recherche Public Henri Tudor. Cette plate-forme compte aujourd'hui près de 100 membres. Elle vise à élaborer un concept de mobilité électrique durable avec la mise en place d'une activité de recherche et d'innovation et le développement de services avec les acteurs nationaux, le secteur privé et de la recherche.

Cependant, le Luxembourg ne dispose pas encore d'une approche partagée et structurée de mise en œuvre de l'électro-mobilité au niveau national.



Dans ce contexte, le Ministère de l'Economie et du Commerce Extérieur et le Ministère du Développement Durable et des Infrastructures en collaboration étroite avec l'Institut Luxembourgeois de Régulation, ont confié au cabinet de conseil Schwartz and Co la réalisation d'une étude permettant de définir avec les parties prenantes au Luxembourg un concept national partagé de mise en œuvre concrète de l'électro-mobilité au Luxembourg.

Cette étude est articulée en deux phases comme suit :

- Phase 1 « Etat des lieux et tendances »
 - Préciser le rôle que doit jouer l'électro-mobilité au Luxembourg et les spécificités des besoins luxembourgeois dans ce domaine.
 - Faire un état des lieux de l'expérience et des initiatives des acteurs luxembourgeois dans l'électro-mobilité.
 - Synthétiser les tendances de fonds en termes techniques, économiques et de normalisation concernant les infrastructures de charge des véhicules électriques et hybrides rechargeables.
 - Mettre à plat les grandes variantes d'infrastructures de charge possibles pour le Luxembourg.

- Phase 2 « Définition du concept »
 - Définir le modèle d'infrastructure de charge le plus adapté pour le Luxembourg sur la base d'une analyse des besoins, des coûts et des technologies disponibles ou à venir.
 - Définir les caractéristiques d'une plateforme globale informatique permettant la communication entre les utilisateurs, les voitures et les stations de charge d'une part, les fournisseurs d'électricité d'autre part ainsi que l'implication active des gestionnaires de réseau concernés.
 - Proposer une stratégie de mise en œuvre et de financement de ce modèle, optimale pour le Luxembourg.

Ce rapport présente les résultats finals de l'étude articulés de la manière suivante :

- Le premier chapitre introduit les concepts relatifs à une infrastructure de charge et les questions clés auxquelles le Luxembourg devra répondre pour pouvoir mettre en œuvre une telle infrastructure adaptée à ses besoins. Puis il présente les tendances internationales de fond en termes techniques, économiques et de normalisation concernant les infrastructures de charge avec une focalisation sur les pays voisins du Luxembourg.

- Le deuxième chapitre dresse un état des lieux des expériences et initiatives des parties prenantes en matière d'électro-mobilité au Luxembourg.



- Le troisième chapitre caractérise les besoins et spécificités du Luxembourg en matière d'électro-mobilité sur la base des échanges réalisés avec les parties prenantes luxembourgeoises au cours de la phase 1 de l'étude.
- Le quatrième chapitre fait un état des lieux des expériences et initiatives luxembourgeoises en matière d'électro-mobilité. Puis, le cinquième chapitre résume les spécificités et besoins au Luxembourg.
- Sur la base de ces constats, le sixième chapitre propose plusieurs variantes d'infrastructure de charge possibles pour le Luxembourg.
- Le septième chapitre présente les résultats de l'analyse économique réalisée sur la base des variantes d'infrastructures définies dans le chapitre précédent et des hypothèses sous-jacentes.
- Le huitième chapitre propose différentes modalités de financement envisageables et le neuvième chapitre détaille le rôle des acteurs en termes d'installation et d'exploitation de l'infrastructure de charge au Luxembourg.
- Enfin, nous définissons dans le dixième chapitre, le concept national de mise en œuvre concrète de l'électro-mobilité au Luxembourg.



2. Principaux résultats

Le développement du véhicule électrique est un élément clé pour le Luxembourg dans le cadre du respect des objectifs de réduction des émissions de CO₂. Pour atteindre ces objectifs, le gouvernement table sur un taux de pénétration du véhicule électrique dans le parc roulant de 10% en 2020, représentant environ 40 000 véhicules.

Le développement du véhicule électrique au Luxembourg nécessite la mise en place d'une infrastructure de charge par conduction permettant la charge des véhicules électriques sur les différents types d'emplacements privés (domicile, entreprise) et ouverts au public (P+R, parking de gare, autres parkings publics, voirie, stations-services, parking de centres commerciaux).

Dans ce contexte, plusieurs parties prenantes luxembourgeoises ont commencé à se positionner dans le déploiement d'une infrastructure de charge de manière proactive mais non structurée au niveau national, reflet d'une phase d'émergence. Ainsi plusieurs collectivités ont commencé à déployer quelques bornes de charge normale (13 déjà installées ou à venir) et plusieurs acteurs privés, essentiellement des fournisseurs d'électricité se positionnent en tant que fournisseur de solutions de charge.

Les parties prenantes luxembourgeoises ont une vision assez homogène des spécificités et besoins du Luxembourg en matière d'électro-mobilité et mettent en avant des points nécessitant des décisions aux niveaux réglementaire ou normatif, notamment en ce qui concerne les prises et le stationnement des véhicules électriques. Un consensus a ainsi pu être dégagé entre les parties prenantes au sujet :

- de l'architecture globale avec une préférence pour une infrastructure publique de charge ciblée permettant de rassurer l'utilisateur et de donner de la visibilité à l'électro-mobilité.
- du type de charge qui privilégie la charge normale pour l'infrastructure publique.
- du moyen de paiement sur les bornes de charge publiques, qui doit être simple et *a priori* orienté vers un système d'identification par badge RFID dans un premier temps.
- des fonctionnalités de la borne pour l'infrastructure publique focalisées dans un premier temps sur l'essentiel : identification, comptage et gestion du paiement et permettant la mise en place ultérieure d'autres fonctionnalités non nécessaires à court terme (indication des données de tarification, indication de l'état de disponibilité de la borne à distance, réservation de la borne à distance).

Le principal débat entre les parties prenantes concerne le modèle d'approvisionnement en électricité des bornes de charge publiques qui conditionne la possibilité pour l'utilisateur de choisir ou non son fournisseur d'électricité à chaque borne, certains acteurs craignant que la possibilité de choix du fournisseur d'électricité par l'utilisateur ne complexifie trop le système et freine son déploiement.

Le Luxembourg est en phase avec les autres pays européens puisque l'électro-mobilité est encore dans une phase d'émergence en France, en Allemagne et au Portugal, ce dernier présentant le



stade d'avancement le plus poussé avec le projet MOBI.E, tandis qu'en Belgique aucun plan national n'est encore en place.

Dans ces 3 premiers pays, la charge privée est considérée comme le principal moyen de charge sauf pour les utilisateurs dont les véhicules stationnent sur la voie publique. L'infrastructure ouverte au public est là encore considérée avant tout comme un moyen de rassurer les utilisateurs futurs, pour des recharges occasionnelles.

Dans un premier temps, ces 3 pays optent pour un développement d'une infrastructure publique de charge ne couvrant pas tous les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé. Dans ces pays, l'infrastructure publique de charge est ou sera financée par des fonds publics.

Au niveau technique, les exemples internationaux montrent :

- Une absence de tendance clairement établie au niveau du type de charge (normale, accélérée ou rapide) au niveau de l'infrastructure ouverte au public.
- Deux solutions en concurrence pour le type de prise côté infrastructure dans l'attente d'une norme définitive à ce sujet (CEI 62196) : le standard Français (Type 3) et le standard Allemand (Type 2).
- Une tendance des fournisseurs de bornes à privilégier un système de paiement par identification à l'aide d'un badge RFID et à écarter les solutions traditionnelles de paiement par carte bancaire.
- Des approches variées concernant la possibilité de choix du fournisseur d'électricité par l'utilisateur sur les bornes de charge ouvertes au public.
- Un seul exemple identifié pour l'instant de mise en place d'un système national de gestion de l'infrastructure de charge publique.

Trois variantes d'infrastructure de charge ouverte au public ont été analysées en termes technico-économiques pour le Luxembourg :

- **Variante 1 : Pas d'infrastructure publique.** Les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé ne sont pas pris en compte et les besoins de charge secondaires des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé sont couverts par des bornes à installer dans toutes les stations-services luxembourgeoises.
- **Variante 2 : Infrastructure publique ciblée.** Une infrastructure publique permettant de rassurer l'utilisateur ayant accès à un point de charge privé quant à ses besoins de charge secondaires est mise en place dans les emplacements clés (P+R, parkings de gare et autres parkings publics). Des bornes sont installées de manière ponctuelle sur la voirie pour renforcer la visibilité de l'infrastructure publique.



- **Variante 3 : Infrastructure publique généralisée.** Une infrastructure publique couvrant tous les besoins de charge des utilisateurs, qu'ils aient ou non accès à un point de charge privé, est mise en place et couvre les différents emplacements publics (voirie et tous les parkings publics).

L'analyse économique montre que pour servir 40 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables en 2020 :

- La variante 1, « pas d'infrastructure publique », nécessite entre 2,8 et 14,7 M€ d'investissement pour équiper les 230 stations-service au Luxembourg.
- La variante 2, « infrastructure publique ciblée », nécessite un investissement de 7,2 à 12,5 M€ pour le déploiement de 572 à 1 030 bornes entre 2012 et 2020, avec des coûts d'exploitation en 2020 de 0,9 à 1,4 M€.
- La variante 3, « infrastructure publique généralisée », nécessite un investissement de 51,7 à 61,0 M€ pour le déploiement d'environ 4 717 à 5 175 bornes, avec des coûts d'exploitation en 2020 de 5,8 à 6,4 M€.
- Le coût d'une charge sur l'infrastructure publique calculé pour couvrir les coûts de cette infrastructure est trop élevé pour le faire supporter par les utilisateurs directs de cette infrastructure, ce qui nécessite de la financer par une autre voie.

Quatre variantes de financement ont été identifiées :

- Financement à travers le tarif d'utilisation du réseau basse tension.
- Financement à travers un mécanisme de compensation avec une obligation de service public.
- Financement par l'Etat via son budget ou à travers le fonds Climat et Energie.
- Financement mixte : via le tarif d'utilisation et par l'Etat.

Dans le cas d'un financement par une contribution (mécanisme de compensation) ou une taxe (financement par l'Etat), une assiette large permettrait de rendre ce financement quasiment indolore pour l'ensemble des contributeurs. De plus, les volumes supplémentaires acheminés pour les charges des véhicules électriques permettraient de faire baisser le tarif unitaire d'utilisation des réseaux à l'horizon 2020.

Dans le cas d'un financement à travers le tarif d'utilisation, ces volumes supplémentaires viennent plus que compenser les coûts additionnels dans la variante 2, permettant une baisse (certes moindre que pour les autres modes de financement) du tarif unitaire.

Afin de garantir la mise en place efficace d'une infrastructure publique répondant aux besoins identifiés de manière homogène au niveau national, il est recommandé de confier l'installation et l'exploitation de cette infrastructure à une entité nationale ou de coordonner ces tâches au niveau national. Dans ce cadre, trois variantes ont été identifiées pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge :



- Installation et exploitation réalisées par les GRD de manière coordonnée, ou par une entité nationale créée par les GRD.
- Installation et exploitation réalisées par une société nationale à capital ouvert à créer, pouvant regrouper l'Etat, les communes, les fournisseurs d'électricité etc.
- Installation et exploitation déléguées à un acteur privé sélectionné par l'Etat par appel d'offres.

Sur la base d'une analyse des avantages et inconvénients des différentes variantes identifiées, le concept concret suivant est recommandé pour la mise en œuvre de l'électro-mobilité au Luxembourg :

- Pour l'infrastructure :
 - Opter pour une infrastructure publique ciblée (variante 2) qui est compatible avec une évolution ultérieure vers une infrastructure publique généralisée si le besoin s'en fait sentir, tout en minimisant les moyens financiers injectés dans le projet.
 - Ne pas inciter financièrement les propriétaires des emplacements privés accueillant du public (dont les stations-services) et les entreprises à s'équiper afin de ne pas alourdir les coûts pour la collectivité.
 - Mettre en place des bornes de charge normale pour les parkings P+R et les parkings de gare et au choix : des bornes mixtes (permettant la charge normale et la charge accélérée) ou des bornes de charge normale et des bornes de charge accélérée sur les autres parkings publics et la voirie.
 - Suivre l'avancement des discussions au sujet de la normalisation des prises côté infrastructure avant de faire un choix entre les deux standards nationaux en concurrence (Type 2 et Type 3) pour l'infrastructure publique.
 - Opter pour des charges en Mode 3 avec un câble amovible pour l'infrastructure publique.
 - Mettre en place des bornes avec des fonctionnalités basiques à court terme.
 - Opter pour un système de paiement homogène sur tout le territoire via un badge RFID pour l'instant et évaluer en 2012 avec les fournisseurs de bornes et les institutions bancaires la faisabilité technico-économique du paiement par carte bancaire.
 - Permettre pour les bornes publiques le choix du fournisseur d'électricité par l'utilisateur grâce à un système de roaming (représentant un investissement de l'ordre de 1 M€ et des coûts d'exploitation de l'ordre de 0,24 à 0,34 M€ en 2020), en acceptant si besoin est, de lancer l'exploitation de l'infrastructure de charge sans cette possibilité pour une période transitoire.
 - Mettre en place un système national de gestion des bornes publiques permettant la gestion de l'identification et du paiement ainsi que le roaming.



- En ce qui concerne les modalités de financement et l'organisation en matière d'installation et d'exploitation, des analyses supplémentaires au sein des départements concernés de l'Etat sont encore nécessaires avant de prendre une décision quant au choix de l'une des variantes identifiées.

- Pour la stratégie de mise en œuvre :
 - Nous recommandons que L'Etat communique aux parties prenantes le plus tôt possible sur le modèle d'infrastructure publique qui sera mis en place, après avoir défini les modalités de financement et l'organisation en matière d'installation et d'exploitation.
 - Sur cette base, il sera nécessaire dans un premier temps et avant de lancer le déploiement de l'infrastructure publique de charge, de raffiner les analyses technico-économiques (notamment compte tenu des incertitudes normatives existantes), de préparer les adaptations législatives et réglementaires éventuelles, puis de rédiger un cahier des charges pour le futur gestionnaire de l'infrastructure.
 - Quel que soit le modèle d'organisation retenu, nous recommandons d'associer les communes et les gestionnaires de réseau de distribution à la rédaction du cahier des charges et à la définition et la validation du plan de déploiement des bornes sur leur territoire.



3. Caractérisation d'un concept d'infrastructure de charge et tendances internationales

3.1. Caractérisation d'un concept d'infrastructure de charge

Pour permettre le développement du véhicule électrique rechargeable, une infrastructure de charge est nécessaire.

Pour caractériser un concept d'infrastructure de charge, il est nécessaire de caractériser techniquement l'infrastructure et de définir les modalités de financement et l'organisation en termes d'installation et d'exploitation. Aussi, après avoir rappelé des éléments de contexte sur le véhicule électrique, ce chapitre présente les concepts fondamentaux relatifs aux infrastructures de charge et les questions clés auxquelles le Luxembourg devra répondre pour pouvoir mettre en œuvre un concept d'infrastructure de charge adapté à ses besoins.

3.1.1. Eléments de contexte sur les véhicules rechargeables

3.1.1.1. Véhicules rechargeables

L'infrastructure de charge s'adresse à deux principales technologies de véhicules électriques rechargeables : les véhicules 100% électriques (VE) et les véhicules hybrides rechargeables (VHR).

Les VE ne possèdent qu'un moteur électrique tandis que les VHR ont deux moteurs : un moteur thermique et un moteur électrique. Le moteur thermique est remis en route lorsque les batteries sont épuisées ou au-delà d'une certaine vitesse.

La capacité de la batterie est de ce fait généralement plus importante pour les VE (7kWh pour des petits véhicules à urbain - 25 kWh pour des véhicules de taille plus importante) que pour les VHR (5 à 7 kWh en moyenne). L'autonomie d'un véhicule électrique est d'environ 150 kilomètres.

Les batteries utilisées par les constructeurs pour ce type de véhicule sont des batteries Li-Ion pour la quasi-totalité des constructeurs et LMP (Lithium Métal Polymère) pour Bolloré (Bluecar). La technologie Li-Ion devrait, selon les experts du secteur, rester la technologie dominante au moins jusqu'en 2030.

3.1.1.2. Options technologiques pour la charge



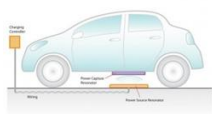
Plusieurs options technologiques existent pour la charge des véhicules électriques et des véhicules hybrides rechargeables :

- La charge par conduction réalisée par le branchement du véhicule sur une borne de charge.
- Le couplage-amarrage du véhicule et charge par conduction, qui constitue un raffinement de la charge par conduction.




- La charge par induction.
- Le remplacement de la batterie (« Quick Drop »).

A l'heure actuelle, la charge par conduction est la seule solution réellement disponible d'un point de vue commercial pour les 10 prochaines années. Les options « Couplage-amarrage », « Charge par induction » et « Remplacement de batterie » ne devraient pas connaître de déploiement massif à moyen terme du fait de leurs limitations.

Option technologique	Description	Stade de développement	Potentiel
Charge par conduction	L'utilisateur connecte manuellement le VE ou le VHR à une borne de charge à l'aide d'un câble 	Des infrastructures de charge sont déjà exploitées commercialement avec cette option	Solution la plus simple qui présente les coûts les plus faibles. Il s'agit de la solution la plus crédible du point de vue commercial à l'heure actuelle.
Couplage-amarrage véhicule et charge	Un système automatique maintient le véhicule et un bras robotisé vient s'amarrer au véhicule pour procéder à la recherche 	Ce raffinement de la charge par conduction est encore en développement. Il est testé dans quelques projets notamment au Japon et par la société Modulowatt	Les coûts de cette option sont plus élevés que celui de la charge par conduction. De plus elle nécessite des emplacements dédiés plus importants (taille du dispositif, mouvement du bras...). Enfin les véhicules devraient être adaptés au niveau de la position du socle de charge. Ces inconvénients devraient limiter son utilisation à des cas spécifiques (flotte homogène captive par exemple)
Charge par induction	La charge de la batterie s'effectue par induction électromagnétique 	Utilisé dans de très rares cas d'un point de vue commercial (bateaux électriques à La Rochelle) et dans quelques projets (Nissan par exemple)	Ses coûts élevés devraient limiter sa diffusion sur des segments de marché très spécifiques (transport en commun) sur le moyen terme.



Remplacement de batterie	La batterie déchargée est remplacée par une batterie chargée à l'aide d'un bras robotisé		Développé par la société Better Place. Plusieurs projets existant mais non encore commercialisé malgré la forte communication de la société.	Ce système nécessite la possession d'un stock important de batteries et des coûts d'infrastructure élevés. De plus, la question de la compatibilité du business model associé à la propriété ou location de la batterie avec l'échange de batterie reste posée. Cela devrait limiter sa diffusion à des flottes spécifiques (taxi)
--------------------------	--	---	--	--

Présentation des différentes options technologiques pour la charge

Remarque, un système de charge de la batterie par changement de l'électrolyte (selon une méthode comparable au plein des véhicules carbonés actuels) a été développé par une équipe de l'Institut Fraunhofer. Toutefois, cette solution ne s'applique qu'aux batteries à circulation d'oxydoréduction (dites « redox-flow ») qui ne sont pas encore utilisées sur des véhicules commercialisés.

3.1.2. Caractérisation technique d'une infrastructure de charge par conduction

La caractérisation d'une infrastructure de charge par conduction découle de plusieurs choix concernant les thèmes suivants :

- L'architecture globale : les questions posées portent sur la répartition des bornes selon les différents types d'emplacements.
- Les bornes : les problématiques portent sur le type de charge, la connexion avec le véhicule, la communication entre le véhicule et l'infrastructure, les moyens de paiement, les fonctionnalités, l'approvisionnement en électricité.
- Le système de gestion : la problématique porte ici sur la nécessité d'un système informatique de gestion national, ce choix dépendant de ceux effectués sur les autres paramètres.



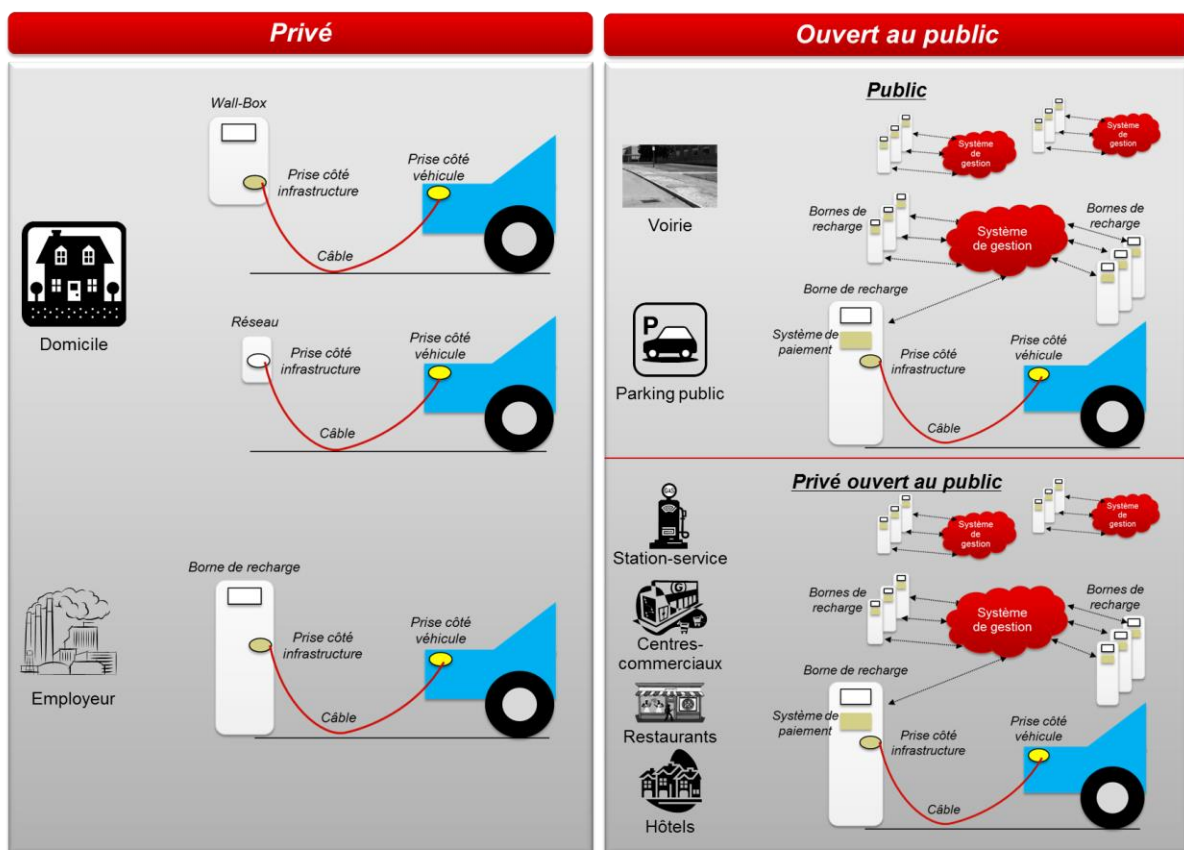
3.1.2.1. Architecture globale

Une infrastructure de charge par conduction est composée de l'ensemble des éléments (bornes, câble, système de paiement, système de gestion) permettant la réalisation de la charge d'un véhicule sur les différents types d'emplacements.

Classiquement, deux principaux types d'emplacements dédiés à la charge peuvent être définis :

- Les emplacements privés, il s'agit du domicile des particuliers ou des parkings des entreprises.
- Les emplacements ouverts au public parmi lesquels on peut distinguer :
 - les emplacements publics : voirie, parkings publics (parkings de gare, P+R).
 - les emplacements privés ouverts au public : parking de centre commercial, stations-services, parking de restaurant, parking d'hôtel...

Le schéma suivant donne une représentation de cette infrastructure de charge.



Architecture globale d'une infrastructure de charge par conduction

Dans les emplacements privés, la charge s'effectuera en branchant le véhicule :

- directement sur une prise reliée au secteur ou sur une Wall-Box (borne de charge de petite dimension dédiée aux particuliers) à domicile.



- directement sur une borne de charge sur le lieu de travail (la charge pourra également être réalisée à partir d'une prise reliée directement au secteur ou d'une Wall-Box).

Dans les emplacements privés ouverts au public, la charge s'effectuera en branchant le véhicule sur une borne. Un système de paiement est alors nécessaire et un système de gestion permettant de gérer la ou les borne(s), notamment au niveau du paiement, est également mis en place.

Dans les emplacements publics, la charge s'effectuera en branchant le véhicule sur une borne. Un système de paiement ainsi qu'un système de gestion seront nécessaires.

Deux besoins de charge sont à distinguer sur ces différents emplacements :

- les besoins relatifs à la charge « principale », qui aura lieu sur l'emplacement de stationnement principal du véhicule, à savoir, à domicile, sur le parking de l'employeur, sur la voirie ou sur les parkings publics selon les cas.
- les besoins relatifs à la charge « secondaire », qui aura lieu sur un autre emplacement que celui utilisé pour la charge « principale ».

La problématique à résoudre au sujet de l'architecture globale est de choisir la répartition optimale des points de charge entre ces différents emplacements à travers le déploiement d'une infrastructure répondant aux besoins des utilisateurs tout en étant la moins onéreuse possible.

En effet, la charge principale du véhicule aura très majoritairement lieu au domicile de l'utilisateur ou, dans une moindre mesure, sur le parking de l'employeur. Tous les utilisateurs du véhicule électrique n'ayant pas accès à un point de charge en emplacement privé (domicile, parking de l'entreprise), il convient de déterminer si les besoins de ces utilisateurs doivent être couverts par une infrastructure publique.

Plusieurs modèles sont alors envisageables :

- Le premier modèle consiste à décider de ne pas couvrir les besoins de charge des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé par une infrastructure publique, au moins dans un premier temps, en considérant que ceux-ci ne sont pas la cible prioritaire du véhicule électrique. Dans ce cas, les besoins de charge secondaires des utilisateurs ayant un accès à un point de charge privé pourront être couverts par les stations-services. Ce modèle pose la question de la mise en place d'incitations réglementaires, financières ou fiscales afin de favoriser l'équipement en bornes de charge des parkings d'entreprises et des stations-services.
- Un second modèle consisterait à installer une infrastructure publique permettant avant tout de rassurer les utilisateurs du véhicule électrique vis-à-vis de leur besoins de charge secondaires, tout en considérant que les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé ne sont pas prioritaires.



- Enfin, un troisième modèle consisterait à couvrir l'ensemble des besoins de charge secondaires et principaux des utilisateurs du véhicule électrique qu'ils aient accès à un point de charge privé ou non, par une infrastructure publique.

Dans le second et le troisième modèle, il conviendra également de déterminer spécifiquement les emplacements à cibler.

Dans ces différents modèles, la charge à domicile constituera le principal emplacement de charge du véhicule électrique. La sécurité de l'installation électrique n'étant pas assurée, la question de l'installation obligatoire d'une Wall-Box, permettant *a priori* une charge plus sécurisée qu'une charge à partir d'une prise directement reliée au réseau, est posée.

3.1.2.2. Bornes

3.1.2.2.1. Types de charge

Pour une charge par conduction, trois types de charges sont définis : la charge « normale », la charge « accélérée » et la charge « rapide ». Comme leur nom l'indique, ils sont caractérisés par le temps nécessaire pour la charge de la batterie qui dépend de la puissance délivrée (ces niveaux de puissance sont définis à travers les fusibles existants).

Ainsi, comme l'indique le tableau ci-dessous, la charge normale nécessite environ 8 heures de charge sous une puissance de 3 kVA et la charge rapide seulement 30 minutes sous une puissance de 43 kVA.

Des charges de niveau intermédiaire existent entre la charge normale et la charge accélérée, mais sont nettement moins répandues.

Type de charge	Palier de puissance	Durée théorique pour la charge d'une batterie de 25 kWh	Intensité (A)	Tension (V)	Type de courant
Charge normale	3 kVA	8 heures	16	240	Alternatif, monophasé
<i>Charge intermédiaire 1</i>	<i>7 kVA</i>	<i>3-4 heures</i>	<i>32</i>	<i>240</i>	<i>Alternatif, monophasé</i>
<i>Charge intermédiaire 2</i>	<i>11 kVA</i>	<i>2 heures</i>	<i>16</i>	<i>400</i>	<i>Alternatif, triphasé</i>
Charge accélérée	22 kVA	1 heure	32	400	Alternatif triphasé
Charge rapide	43 kVA	30 minutes	63	400	Alternatif triphasé
	50 kW		100-125	400-500	Continu

Description des différents types de charge

Nota : la charge « ultra-rapide » avec des puissances de 150 kVA permettant la charge complète théorique de 25 kWh en 5 minutes, constitue à ce jour un palier théorique dont l'acceptabilité par les batteries n'est pas démontrée. De plus, les appels de puissance associés seraient très importants et délétères pour le réseau de distribution.



Il est à noter qu'étant donnés les niveaux de puissance de la charge rapide, celle-ci est considérée comme délétère pour la batterie et sa durée de vie. De plus, la charge de la batterie ne sera effectuée qu'à 80% pour des raisons de sécurité (les constructeurs ne connaissant pas de manière certaine les effets de l'utilisation de la charge rapide en condition d'utilisation réelle).

Au niveau commercial plusieurs types de bornes sont proposés : des bornes de charge normale, des bornes de charge accélérée, des bornes de charge rapide mais également des bornes « mixtes » proposant au moins deux types de charge : normale et accélérée, normale et intermédiaire, intermédiaire et accélérée.

Les principaux fournisseurs de bornes sont de manière non exhaustive : RWE, Technolia, BOSCH, ABB, DBT, The Plug-In Company, GreenMotion, ENWI, ParkPod, Siemens...

Plus la charge est puissante, plus le coût de la borne est important. Une borne de charge normale coûtera moins cher qu'une borne de charge accélérée qui elle-même coûtera moins chère qu'une borne de charge rapide. Le coût d'investissement d'une borne de charge normale (installation comprise) se situe entre 6 000 € et 11 000 € tandis que celui d'une borne de charge rapide se situe entre 15 000 € et 50 000 €. Le coût d'une Wall-Box se situe aux alentours de 500 à 1 000 €.

Etant donné la durée nécessaire à la charge, celle-ci s'effectuera pendant que le véhicule est en stationnement qui est d'une durée variable d'un emplacement à l'autre. En effet, sur un parking de gare ou un parking P+R, la durée de stationnement sera importante et de l'ordre de la durée du temps de travail journalier alors que sur les autres parkings publics et la voirie, la durée de stationnement devrait être plus courte dans la plupart des cas.

Dans ce cadre, la problématique posée à ce niveau est le choix d'un (ou plusieurs) type(s) de charge pour les différents types d'emplacements du domaine public en minimisant les coûts associés.

Si le choix de la charge normale apparaît comme évident pour les emplacements de type parking de gare et parking P+R un choix s'impose au niveau des autres parkings publics et de la voirie. On pourrait alors envisager plusieurs modèles pour les parkings publics autres que les parkings P+R et parkings de gare et la voirie :

- Mise en place de bornes de charge normale.
- Mise en place de bornes de charge accélérée.
- Mise en place de bornes de charge rapide.
- Mise en place de bornes de charge accélérée et de bornes normales selon une proportion à déterminer.
- Mise en place de bornes mixtes permettant différents types de charge à déterminer.

3.1.2.2.2. Connexion entre l'infrastructure et le véhicule

Dans une infrastructure de charge par conduction, la connexion entre le véhicule et l'infrastructure est réalisée par l'intermédiaire d'un câble ayant une prise mâle à chaque extrémité, d'un socle côté véhicule et d'un socle côté infrastructure. Le câble peut être amovible ou relié à la borne et différents modèles de prises existent du côté infrastructure et du côté véhicule.



Au-delà de la simple transmission d'électricité, le câble peut également assurer des fonctions de contrôle et de transmission d'information entre la borne et le véhicule sur la base d'un protocole. Ces informations sont relatives à la gestion de la charge : puissance disponible à la borne, niveau de charge du véhicule, informations relatives à la sécurité et à la continuité de la terre. D'autres types d'informations peuvent être échangés comme du contenu multimédia, des informations relatives au paiement...

Les problématiques à résoudre à ce niveau sont le choix du type de prise et le choix des fonctionnalités du câble (fixe/amovible, capacité de transmission de l'information) en cohérence avec les normes existantes et les choix des constructeurs automobiles.

3.1.2.2.3. Communication entre l'infrastructure et le véhicule

Différents niveaux de communication sont à considérer pour l'exploitation du véhicule électrique dans le cadre d'une infrastructure de charge par conduction :

- La communication entre le véhicule et un système informatique de gestion de l'infrastructure de charge, cette communication pouvant être utilisée pour des fonctions relatives à la géolocalisation. Cette communication n'est pas obligatoire et relève de technologies existantes et standardisées : GPRS, GSM.
- La communication entre l'infrastructure de charge et le véhicule, pour la gestion de la charge du véhicule, son identification automatique au moment du branchement, le transfert d'autres informations (contenu multimédia). Cette communication n'est pas obligatoire, mais constitue le seul aspect spécifique au véhicule électrique.

La problématique est donc ici de déterminer si une telle communication doit être mise en place et avec quels systèmes/protocoles, tout en prenant en compte l'existence de normes pouvant exister à ce niveau.

3.1.2.2.4. Moyen de paiement

Le choix du moyen de paiement pour une infrastructure de charge s'effectue en deux étapes, tout d'abord il convient de définir le principe du moyen de paiement. En effet, celui-ci peut être localisé *in-situ*, c'est-à-dire que l'utilisateur paie la charge sur le lieu même où celle-ci a été réalisée ou non. Dans ce second cas, le paiement s'effectue à travers un système d'identification de l'utilisateur utilisant un système informatique qui va vérifier si l'utilisateur est inscrit sur la liste des utilisateurs (à travers la connexion avec le système de gestion). Ce dernier se voit « débiteur » le coût de la charge sur un compte bancaire ou un compte utilisateur spécifique au système.

Dans un second temps, il convient de définir précisément le moyen de paiement parmi les possibilités existantes, à titre d'exemple :

- Paiement *in-situ* : carte bancaire, monnayeur, portemonnaie électronique, carte prépayée, SMS...
- Identification puis facturation *a posteriori* : badge RFID, NFC, code PIN...



Ce choix pose la question de la possibilité du paiement pour les utilisateurs de passage. En effet, avec un paiement de type identification puis facturation *a posteriori*, l'utilisateur de passage « non inscrit » ne pourra pas utiliser le système (contrairement à un système avec paiement *in-situ*). La question est alors de savoir si l'on veut donner la possibilité à cet utilisateur d'accéder au système de charge ou non et le cas échéant de déterminer quelle solution de paiement mettre en place.

Un système de cartes d'identification prépayées disponibles dans les bureaux de tabacs et autres commerces pourrait par exemple être mis en place.

Le paiement par carte bancaire permet également le paiement par n'importe quel utilisateur. Ce mode de paiement nécessite toutefois le paiement de commissions (par l'exploitant de la borne à sa banque) comprenant :

- Une partie variable de l'ordre de 0,5-1% du montant de la transaction (jusqu'à 1,5% si la carte a été émise en dehors de la zone euro).
 - Une partie fixe d'environ 0,20€ par transaction (fourchette de 0,06 à 0,50€).
- Le coût total de la transaction est généralement soumis à un plancher de l'ordre de 0,20€.

Ces commissions sont négociables auprès des institutions bancaires.

Il faut noter enfin que les fournisseurs de bornes ne proposent pas, à l'heure actuelle, de produits équipés avec un lecteur de carte bancaire, notamment du fait de la difficulté à maîtriser les normes de sécurisation des données (PCI-DSS) et des coûts supplémentaires générés (achat du lecteur de carte, maintenance du lecteur). Cependant, cette situation devrait évoluer. Ainsi, Siemens proposera courant 2012 le paiement par carte bancaire sur son modèle Epos P.

3.1.2.2.5. Fonctionnalités des bornes

Au-delà de la charge du véhicule, les bornes peuvent présenter diverses fonctionnalités :

- Comptage de l'électricité consommée : il s'agit d'une fonctionnalité de base de la borne si l'on souhaite facturer l'électricité spécifiquement consommée lors de la charge. Celle-ci devient obligatoire si l'on souhaite facturer l'électricité à un prix particulier et/ou faire payer des taxes sur l'électricité destinée à l'électro-mobilité.
- Transmission des informations de comptage à un système de gestion.
- Affichage de données de consommation : la borne affiche la quantité d'électricité consommée à la fin de la charge.
- Réservation de la borne : cela nécessite de mettre en place un système informatique permettant à un utilisateur de réserver (par internet, par téléphone) un créneau horaire pour une borne donnée. La borne ne pourra alors n'être utilisée que par l'utilisateur ayant réservé la borne.
- Indication de l'état : cela consiste à connaître l'état de la borne (libre, occupée) à travers une interface internet. Cela impose que la borne transmette des informations à un système de gestion via une connexion de type GPRS, GSM...



- Conditionnement thermique de l'habitacle : cela consiste à faire en sorte que la borne, à travers la communication avec le véhicule, puisse conditionner le véhicule en température avant son utilisation. En effet, l'usage du chauffage-climatisation sur un véhicule électrique est défavorable à son autonomie ; aussi la possibilité d'avoir un véhicule déjà à la température souhaitée, permet de gagner en autonomie.
- ...

La problématique posée est l'identification des fonctionnalités requises, la détermination du caractère nécessaire ou superflu de chacune d'elles ainsi que l'évaluation de leur impact sur les coûts, les délais et la complexité de mise en œuvre de l'infrastructure, afin de retenir uniquement les fonctionnalités pertinentes au niveau technico-économique.

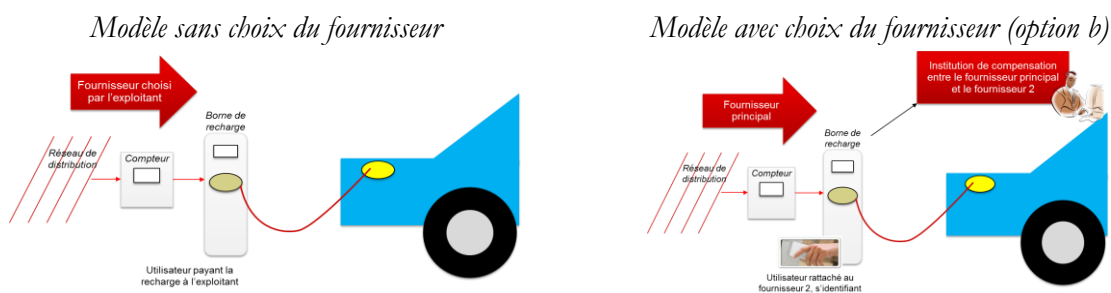
3.1.2.2.6. Modèle d'approvisionnement en électricité de la borne

Pour la réalisation d'une charge, la borne doit être alimentée en électricité en provenance d'un fournisseur. Le marché de l'électricité luxembourgeois étant libéralisé, les consommateurs finals qu'ils soient des particuliers, des entreprises ou des collectivités, ont le libre choix de leur fournisseur d'électricité pour leurs sites de consommation. La question posée est donc de savoir si pour une borne de charge publique, qui contrairement à site traditionnel de consommation, est utilisée successivement par différents clients, il convient de permettre à chaque client de choisir son fournisseur ou non. Deux modèles principaux peuvent alors être envisagés :

- Un modèle dans lequel l'utilisateur n'a pas le choix du fournisseur d'électricité alimentant la borne. Ce choix est réalisé par l'exploitant de la borne de charge, qui lui-même peut mettre en concurrence les fournisseurs d'électricité pour approvisionner la borne. Dans ce cas, il convient de déterminer si l'exploitant de la borne vend un service de charge (tout comme un camping vend une prestation de service qui inclut la fourniture de l'électricité sur l'emplacement du campeur) ou s'il revend de l'électricité auquel cas il pourrait être considéré comme un fournisseur d'électricité et devrait répondre aux mêmes exigences réglementaires qu'un fournisseur classique.
- Un modèle dans lequel l'utilisateur a le choix du fournisseur d'électricité de sa charge. Dans ce cas il faudra mettre en place un système permettant, à chaque utilisation de la borne par un client, d'allouer automatiquement l'électricité consommée pour la charge au fournisseur choisi par l'utilisateur (soit le fournisseur d'électricité de son domicile ou de son entreprise, soit un autre fournisseur choisi par le client). En pratique, un client qui choisirait un fournisseur A pour son domicile, pourrait recharger son véhicule électrique sur toutes les bornes publiques du pays, en réglant l'électricité de charge au même fournisseur A. Ce modèle se rapproche donc de l'itinérance, ou « roaming », mise en place entre les opérateurs de téléphonie mobile. Différentes modalités de mise en œuvre peuvent être envisagées :
 - Soit cette allocation client-fournisseur est gérée dynamiquement par le GRD (option a), ce qui signifie que le fournisseur de la borne change à chaque nouvelle utilisation (option a1), ou que le véhicule est considéré comme un point de fourniture mobile (option a2).



- Soit chaque borne est alimentée par un « fournisseur principal » (option b) (du point de vue du GRD il n'y a donc pas de changement de fournisseur d'électricité à chaque nouvel utilisateur de la borne) et un mécanisme de compensation entre les fournisseurs d'électricité souhaitant commercialiser de l'électricité de charge doit être mis en place. Ce modèle nécessiterait donc des accords entre les fournisseurs luxembourgeois et le cas échéant avec les fournisseurs des pays limitrophes pour permettre l'itinérance des frontaliers.



Les deux grands modèles d'approvisionnement en électricité de la borne

3.1.2.3. Système de gestion

Le système de gestion est un système informatique communicant avec les bornes de recharges (via GPRS ou GSM) et permettant a minima l'identification de l'utilisateur, l'autorisation de la charge et la gestion des paiements (y compris la vérification de la présence d'un utilisateur dans la liste des utilisateurs autorisés lors de son identification). Ce système peut également permettre d'autres fonctionnalités telles que la connaissance de la disponibilité des bornes, le blocage/déblocage des bornes etc.

La question posée est la nécessité de la mise en place d'un système de gestion au niveau national pour l'infrastructure publique.

3.1.1. Définition des modalités de financement et de l'organisation en termes d'installation et d'exploitation

3.1.1.1. Modalités de financement

L'infrastructure publique devra bien entendu être financée. La question posée à ce niveau est de savoir qui financera l'installation et l'exploitation de cette infrastructure et par quels biais. Deux modèles principaux peuvent être envisagés :

- Un financement direct par le paiement de la charge : le prix payé par l'utilisateur de l'infrastructure publique permet de financer l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique. Ce modèle n'est envisageable que si le prix de la charge reste



contenu pour ne pas rendre l'utilisation de l'infrastructure de charge prohibitive ce qui serait contreproductif pour le développement du véhicule électrique.

- Un financement mutualisé : un mécanisme est mis en place afin de mutualiser les coûts relatifs à l'installation et à l'exploitation de l'infrastructure publique de charge. Il peut s'agir par exemple d'un financement à travers le tarif d'utilisation des réseaux d'électricité, d'une contribution directe ou d'un financement par le budget de l'Etat avec possibilité de refinancement implicite via une taxe sur l'électricité ou d'une accise sur les carburants etc. Dans ce cadre, il est nécessaire de définir le ou les mécanisme(s) à mettre en place.

L'installation et l'exploitation des bornes de charge présentes dans des emplacements privés ou privés ouverts au public seront financées par les propriétaires de ces emplacements. Néanmoins, dans le but de favoriser le développement du véhicule électrique, la question de la nécessité pour l'Etat d'inciter ces acteurs privés à investir dans une infrastructure de charge est posée.

3.1.1.2. Organisation de l'installation et de l'exploitation

Les bornes de charge présentes dans des emplacements privés ou privés ouverts au public sont sous la responsabilité des propriétaires des emplacements. Aussi, il appartient à ces derniers, s'ils le souhaitent, d'installer puis d'exploiter ces bornes.

Pour les bornes publiques de charge, le choix de l'installateur et de l'exploitant est une question à trancher. En effet, ces tâches pourraient être confiées à un acteur unique privé ou public au niveau national, à chaque commune, à chaque GRD, le point clé sous-jacent étant la nécessité de recourir à un acteur unique au niveau national pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique.



3.2. Tendances internationales

3.2.1. Eléments clés

3.2.1.1. Infrastructure

3.2.1.1.1. Architecture globale

La mise en place de l'électro-mobilité est encore dans une phase d'émergence en France, en Allemagne et au Portugal, ce dernier présentant le stade d'avancement le plus poussé avec le projet MOBI.E.

Dans ces 3 pays, la charge privée est considérée comme le principal moyen de charge sauf pour les utilisateurs dont les véhicules stationnent sur la voie publique. L'infrastructure ouverte au public est considérée avant tout comme un moyen de rassurer les utilisateurs futurs, pour des recharges occasionnelles.

Dans un premier temps, ces 3 pays optent pour un développement d'une infrastructure publique de charge ne couvrant pas tous les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé.

Les travaux réalisés en France considèrent que les besoins de charge principaux sur le domaine public ne sont pas considérés comme prioritaires pour des raisons économiques au contraire des points de charge secondaires qui sont des points partagés et qui devraient être visés en priorité. Le gouvernement table sur le fait que les points de charge publics représenteront environ 9% de l'ensemble des points de charges en 2020.

La plateforme Allemande NPE, créée pour préparer la feuille de route relative à la réalisation des objectifs énoncés dans le plan de développement national pour la mobilité électrique, prévoit l'installation de 7 000 bornes de charge publique en 2014, soit 6% de l'ensemble des points de charge.

La Belgique enfin n'a pas de plan national pour le développement du véhicule électrique et les premières études réalisées dans ce pays montrent que l'exploitation des installations de charge ouvertes au public n'est pas viable sans soutien public à l'heure actuelle et recommandent une approche prudente pour leur déploiement.

3.2.1.1.2. Bornes

3.2.1.1.2.1. Types de charge

Aucune tendance claire n'apparaît au niveau du choix des types de charges. Ainsi, les travaux français conduisent au choix de la charge normale ou de bornes permettant à la fois la charge normale ou la charge accélérée.

Au Portugal, les bornes prochainement installées permettront à la fois une charge intermédiaire et une charge accélérée.



En Allemagne, RWE installe des bornes de charge accélérée à Berlin et le projet Ladenetz, voit ses participants installer les deux types de borne ou des bornes mixtes.

3.2.1.1.2.2. Connexion entre le véhicule et la borne

Il n'y a pas encore de norme internationale en vigueur au sujet des prises et des socles. En effet, la norme CEI 62196 (Prises, socles de prise de courant, prises mobiles et socles de connecteur pour véhicule - charge conductive des véhicules électriques) n'est pas encore publiée. La version finale de cette norme en cours de discussion définit 3 types de prises : Type 1, Type 2 et Type 3 en fonction des standards nationaux existants.

La norme internationale (CEI 61851-1) définit 4 modes de charge (1 à 4), en fonction du niveau de sécurité, de la tension et de l'intensité maximales.

La tendance est clairement orientée vers le Mode 3 qui propose toutes les mesures de protection nécessaires et peut être utilisé pour la charge publique ou privée. La connexion entre le véhicule électrique et le réseau de distribution utilise alors un équipement (borne, câble, prise) d'approvisionnement standardisé avec une fonction de contrôle pilote contrôlant la charge et connecté de manière permanente au réseau de distribution électrique.

Concernant le type de prise côté infrastructure, la France a opté pour le Type 3 et l'Allemagne est orientée vers le Type 2. La Belgique n'a pas encore fait de choix et est en attente de la norme. Le projet MOBI.E au Portugal a pour sa dernière commande opté pour des bornes avec des prises de Type 2.

Les câbles de charge sont fournis par les constructeurs avec les véhicules. Les véhicules embarqueront une prise de Type 1 ou 2 pour tout type de charge normale ou accélérée et éventuellement une seconde prise pour la charge rapide en fonction de la technologie choisie par le constructeur (alternatif, continu).

3.2.1.1.2.3. Communication entre le véhicule et la borne

Un projet de norme internationale (ISO 15118) est en cours d'élaboration et sa publication est espérée pour 2012. Il n'y a cependant pas de consensus international à ce niveau et plusieurs protocoles existent.

3.2.1.1.2.4. Moyen de paiement

Le système de paiement par carte bancaire n'est clairement pas recommandé du fait du coût de la transaction. Le système privilégié est un système de paiement par identification à l'aide d'un badge RFID permettant un paiement simple.



3.2.1.1.2.5. Fonctionnalités

Les bornes installées présentent à l'heure actuelle des fonctionnalités basiques :

- Charge.
- Comptage de l'électricité.
- Communication avec un système informatique de gestion.
- Paiement avec identification par badge RFID.

3.2.1.1.2.6. Approvisionnement en électricité de la borne

Le modèle avec choix du fournisseur est privilégié par RWE et le projet Ladenetz en Allemagne ainsi que par le projet MOBI.E au Portugal. Dans ces différents cas, on s'oriente vers un système de roaming réalisé par compensation entre fournisseurs (option b décrite au paragraphe 3.1.2.2.6), du fait de sa moindre complexité que le système d'allocation dynamique borne-fournisseur ou véhicule-fournisseur par le GRD (options a1 et a2 décrites au paragraphe 3.1.2.2.6).

Le système avec roaming n'est pas envisagé à court terme par les travaux français qui préconisent une solution plus simple dans une première phase, mais est envisagé à moyen terme.

Tout n'est pas encore en place concernant ce type de système. Par exemple pour le projet Ladenetz, les modalités du roaming ne sont pas encore totalement arrêtées et le consommateur ne paie pas sa charge pour l'instant.

3.2.1.1.3. Système de gestion

Aucun système de gestion national n'a été mis en place à l'exception du Portugal (projet MOBI.E), ce système communique avec les systèmes centraux de gestion des différents opérateurs de charge.

3.2.1.2. Modalités de financement

Les pays investigués qui ont développé un plan pour l'électro-mobilité (France, Allemagne, Portugal) ont opté pour un financement public : des subventions de l'Etat pour la France et le Portugal, des subventions des communes, des Lander et de l'Etat pour l'Allemagne.

3.2.1.3. Organisation en termes d'installation et d'exploitation

Aucune tendance claire n'apparaît au niveau de l'organisation en termes d'installation et d'exploitation. Ainsi la France et l'Allemagne prévoient de confier ces compétences aux communes, alors que le Portugal avec le projet MOBI.E a confié l'installation à une société coordinatrice au niveau national, l'exploitation étant réalisée par plusieurs opérateurs.



3.2.2. Standardisation

3.2.2.1. Vision globale

On distingue trois processus de standardisation à l'échelle internationale :

- Un processus de standardisation sur le mode de charge.
- Un processus de standardisation sur les prises et socles côté infrastructure et côté véhicule.
- Un processus de standardisation sur le protocole de communication entre le VE et la borne.

Ces processus sont plus ou moins aboutis et contiennent parfois plusieurs initiatives de différents pays. Ainsi, seul le processus de standardisation concernant le mode de charge est achevé à l'échelle internationale à l'heure actuelle. Le processus de standardisation concernant les prises et les socles est en cours. En ce qui concerne le protocole de communication, il n'existe pas encore vraiment de consensus.

3.2.2.2. Standardisation du mode de charge

La norme en vigueur est la norme CEI 61851-1. (Système de charge conductive pour véhicules électriques). Elle est applicable aux systèmes embarqués ou non embarqués pour la charge des véhicules routiers électriques à des tensions alternatives normalisées (conformément à la norme CEI 60038) jusqu'à 1 000 V et à des tensions continues jusqu'à 1 500 V, ainsi que pour l'alimentation en énergie électrique pour tout service auxiliaire du véhicule pendant la connexion au réseau électrique, si nécessaire.

Les aspects traités par la norme comprennent :

- Les caractéristiques et les conditions de fonctionnement du système d'alimentation et le raccordement au véhicule.
- La sécurité électrique des opérateurs et des tiers.
- Les caractéristiques à respecter par le véhicule en ce qui concerne le courant alternatif et le courant continu uniquement lorsque le VE est mis à la terre.

Cette norme implique notamment que toutes les installations aient un dispositif de protection différentielle qui permet une protection contre les chocs électriques en cas de défaillance de l'installation¹.

La norme CEI 61851-1 définit quatre modes de charge numérotés de 1 à 4 et présentant des exigences croissantes en matière de sécurité. Le tableau suivant fournit une description succincte de ces 4 modes.

¹ Il devrait être au moins équivalent au type A comme défini dans le standard CEI 61008-1 ou CEI 61001, ou CEI/TR 60755, et être utilisé en conjonction avec un dispositif de protection contre les surintensités (par exemple un fusible ou disjoncteur)



Mode	Description succincte
1	Utilisé pour la charge d'un véhicule électrique à partir d'une prise de type domestique ou industriel sans système de protection. La connexion entre le véhicule électrique et le réseau de distribution d'électricité se fait par une prise standardisée n'excédant pas 16 A et 250 V AC monophasé ou 480 AC triphasé du côté de l'approvisionnement avec mise à la terre.
2	Nécessite l'utilisation de systèmes de protection supplémentaires au niveau du câble (<u>boîtier de contrôle</u>) permettant de gérer les risques en termes de sécurité posés <u>par les anciennes installations qui n'ont pas de système de protection différentielle</u> . La connexion entre le véhicule électrique et le réseau de distribution d'électricité se fait par une prise standardisée n'excédant pas 32 A et 250 V AC monophasé ou 480 AC triphasé avec mise à la terre et inclus une fonction de commande pilote et un système personnel de protection contre les chocs électriques (dispositif de protection différentielle) entre le véhicule et la prise ou faisant partie du boîtier de commande des câbles. Le boîtier doit se situer à 0.3 m de la prise ou de l'équipement d'approvisionnement du véhicule électrique ou dans la prise.
3	S'applique aux stations de recharges dédiées délivrant du courant alternatif. Ces stations de recharges proposent toutes les mesures de protection nécessaires et peuvent être utilisées pour la charge publique ou privée. La connexion entre le véhicule électrique et le réseau de distribution utilise un équipement d'approvisionnement standardisé (borne, câble, prise) avec une fonction de contrôle pilote étendue au contrôle de la charge dans l'équipement pour la charge du véhicule électrique et connecté de manière permanent au réseau de distribution électrique (il s'agit d'un fil pilote permettant le contrôle étendue de la charge). Ce mode permet du fait de la présence du fil pilote, une transmission d'informations autres autorisant l'identification automatique du véhicule par exemple. A domicile, ce mode de charge impose la mise en place d'une Wall-Box.
4	Correspond à la charge en courant continu utilisant un chargeur externe et a principalement pour objectif la charge rapide.

Description des modes de charge





3.2.2.3. Standardisation des prises et socles

3.2.2.3.1. Norme internationale

Il n'y a pas encore de norme internationale en vigueur au sujet des prises et socles. En effet, la norme CEI 62196 (Prises, socles de prise de courant, prises mobiles et socles de connecteur pour véhicule - charge conductive des véhicules électriques) comprend deux parties :

- La partie 1 (Charge des véhicules électriques jusqu'à 250 A courant alternatif et 400 A courant continu) comprenant des articles à caractère général et dont la première version a été publiée en 2003.
- La partie 2 (Exigences dimensionnelles de compatibilité et d'interchangeabilité pour les appareils à broches et alvéoles pour courant alternatif) comprenant les exigences particulières pour les différents types de prise. Elle n'a pas encore été publiée (la version finale de la norme doit encore être approuvée). Elle inclut trois types de prises, présentés dans le tableau ci-dessous :

Type	Fabricants	Standard national associé	Illustration	Schéma	Niveaux de tension et intensité admissibles
1	Yazaki	Standard américain SAE J1772/2009			32A, 250V
2	Mennekes	Standard allemand VDE-AR-E 2623-2-2			70A, 500V
3	Scame/EV plug	-			32A, 500V

Description des types de prises présentés dans la norme CEI 62196

Il est à noter qu'une autre norme internationale CEI 62196-3 (dédiée au courant continu) est aussi en cours de développement. Plusieurs propositions de standard sont en cours de discussion dont le standard japonais CHAdeMO². L'horizon de publication des propositions est juin 2012.

² Au Japon, l'association CHAdeMO fait la promotion d'un standard de performance supérieure. Il s'agit d'un consortium incluant Toyota, Nissan, Mitsubishi, Fujy Heavy et Tokyo Electric Power. Ce standard prévoit une charge rapide en courant direct de 62.5 KW via un connecteur électrique spécial.



Prise CHAdeMO

3.2.2.3.2. Groupe de travail franco-allemand sur l'électro mobilité

A l'initiative de constructeurs automobiles, de fournisseurs d'électricité, de fabricants de matériel électrique, la France et l'Allemagne ont mis en place un groupe de travail sur l'électro mobilité. Ce groupe inclut les acteurs suivants : BMW, Daimler, Volkswagen, Renault, Eon, RWE, EDF, Bosch, Evonik, Schneider Electric, Valeo, Din (Deutsches Institut für Normung). Ce groupe de travail a proposé des recommandations sur quatre volets.

Le groupe de travail franco-allemand a opté pour des charges en Mode 3, un connecteur de Type 2 côté véhicule. Le résumé des conclusions est présenté dans le tableau ci-dessous.

Volets	Conclusions
Sécurité de l'électro mobilité	Les infrastructures, notamment les bornes de charge, doivent répondre aux normes CEI et aux réglementations en matière de sécurité. Des règles spécifiques sont nécessaires pour le système de raccordement entre les véhicules et les infrastructures.
Besoins en matière d'infrastructures	Les partenaires allemands et français s'accordent à considérer que la conception des infrastructures doit répondre aux besoins du client tout en respectant les capacités du réseau de distribution d'électricité. De plus, il convient de prendre en compte le fait que cette technologie est encore récente et que les exigences seront plus contraignantes dans les années à venir. Par conséquent, il est nécessaire de hâter le développement de l'infrastructure et d'introduire des solutions durables.
Connectique	Il est impératif que : <ol style="list-style-type: none">1. Toutes les nouvelles bornes de charge comportent un système de sécurité renforcé de Mode 32. Le connecteur embarqué à bord des véhicules (socle et prise côté véhicule) soit capable de charger jusqu'à 43 kW. Ce connecteur va devenir obligatoire pour les charges supérieures à 4 kW mais optionnel pour celles inférieures ou égales à 4 kW. La France et l'Allemagne ont convenu que le connecteur de Type 2, actuellement en cours de définition dans le cadre de la norme CEI 62196-2, sera le système le plus adapté3. Le connecteur utilisé par les infrastructures soit capable de charger au moins 22 kW.
Facturation et itinérance	L'infrastructure de facturation, la communication entre le véhicule et la borne de charge ainsi que l'itinérance devront être conçues et élaborées en respectant des exigences de convivialité, de confort et de commodité. Le client devra pouvoir choisir entre plusieurs opérateurs ou fournisseurs et différents tarifs, comme il est d'usage aujourd'hui. La réalisation technique doit tenir compte de l'état de l'art dans le domaine des technologies de l'information, de la disponibilité à long terme et des coûts et de la valeur pour le client.

Résumé des conclusions du groupe de travail Franco-Allemand sur l'électro-mobilité



3.2.2.3.3. Processus de standardisation au niveau européen pour les points de charges

En juin 2010, l'ETSI³ et le CEN-CENELEC⁴ ont été mandatés par la Commission Européenne pour développer une norme européenne pour les points de charge. Il s'agit du mandat M468 concernant un système de charge commun pour les véhicules électriques, assurant la sécurité, l'interopérabilité et le chargement intelligent. Il a été notifié en mai 2010 et son exécution, sous l'égide d'un « focus group electromobility », est présidé par la France. Les conclusions de ce « focus group » ont été publiées en juin 2011. Il a produit une série de recommandations concernant la future coordination du processus de standardisation de l'électromobilité en Europe. Le tableau ci-dessous résume les principales recommandations qui sont orientées vers le Mode 3 mais ne choisissent pas de solution entre les prises de Type 2 ou 3 côté infrastructure.

Volets	Recommandations
Charge	<ol style="list-style-type: none">1. La charge publique en courant alternatif devrait se faire avec le Mode 32. Les stations de charge dans le domaine public devraient proposer le Mode 3 pour assurer l'interopérabilité. De plus la charge rapide en courant continu ou alternatif devrait être proposée.3. L'utilisation de la charge en Mode 1 devrait être autorisée pour les petits véhicules comme les scooters et les quadricycles. La valeur maximale du courant autorisé doit être définie.4. Comme la présence d'un dispositif de protection différentiel ne peut pas être garantie dans tous les cas, l'utilisation du Mode 1 sur les véhicules de taille importante ne devrait pas être considérée, sauf si des moyens de protection supplémentaires sont fournis.5. Le Mode 2 n'est pas recommandé pour l'utilisation publique, sauf si l'utilisation est destinée aux petits véhicules.
Prises	Le « focus groupe » propose de définir une empreinte unique avec cinq points de contact couvrant le monophasé et le triphasé (de 16 à 63 A maximum) avec une mise à la terre et aussi deux points de contacts pour le système de contrôle selon le Mode 3 du standard 61851-1. Le Type 2 ou 3 de la future norme 62196-2 correspondra à cette définition.
Communication	<ol style="list-style-type: none">1. Une standardisation est nécessaire pour le protocole de diagnostic, l'interface humain-machine et le système de gestion de l'énergie pour le l'infrastructure complète de charge. Ce nouveau travail doit être réalisé en coopération étroite avec les groupes d'usage et le système d'intégration de l'électromobilité.2. Il est recommandé qu'un travail de standards soit établi au sujet d'un « hub d'interopérabilité », qui peut être un modèle générique ou un concept neutre pour la médiation entre les partenaires dans l'optique de fournir une validation des services d'échange d'informations techniques. Un groupe de travail commun comprenant les fournisseurs de service devrait être formé au sein des organisations de standardisation européenne pour définir un concept de hub européen
Facturation et itinérance	L'infrastructure de facturation, la communication entre le véhicule et la borne de charge ainsi que l'itinérance devront être conçues et élaborées en respectant des exigences de convivialité, de confort et de commodité. Le client devra pouvoir choisir entre plusieurs opérateurs ou fournisseurs et différents tarifs, comme il est d'usage aujourd'hui. La réalisation technique doit tenir compte de l'état de l'art dans le domaine des technologies de l'information, de la disponibilité à long terme et des coûts et de la valeur pour le client.

Source : CEN-CENELEC Focus Group on European Electro-Mobility

Recommandations du focus group electromobility du CEN-CENELEC

³ L'institut européen des normes de télécommunication est l'organisme de standardisation européen du domaine des télécommunications

⁴Le CENELEC est le Comité européen de standardisation électrotechnique, c'est l'organe de standardisation responsable de l'harmonisation des normes électrotechniques sous le système législatif européen.



3.2.2.3.4. Compatibilité entre les modes de charge et les prises

Le tableau suivant montre la compatibilité entre les différents modes de charge et les différentes prises. Au-delà des types de prises définis dans la norme CEI 62196, les prises domestiques et les prises industrielles sont aussi considérées :









Modes	Prises compatibles		Type de charge compatible
1	Prise domestique : CEE 7/7 « type E/F »		Normale
	Prise industrielle : CEI 60309		Normale
2	Prise domestique : CEE 7/7 « type E/F »		Normale
	Prise industrielle : CEI 60309		Normale
3	CEI 62 196-2 - Type 1		Normale et intermédiaire (32A, 250V)
	CEI 62 196-2 - Type 2		Normale à accélérée
	CEI 62 196-2 - Type 3		Normale à accélérée
4	CHAdMO		Rapide

Tableau de compatibilité entre les modes de charge et les prises

Nota : les prises domestiques de type E sont utilisées en France et en Belgique, les prises domestiques de type F (dites « Schuko ») sont utilisées en Allemagne. Aujourd'hui, ces deux formats tendent à se regrouper (prise de type E/F défini par la norme CEE 7/7) qui se branche indifféremment sur l'un ou l'autre type.



3.2.2.3.5. Processus de standardisation au niveau de la communication entre le véhicule et la borne

Cette communication est standardisée au niveau du mode de charge par la norme CEI 61851-1. En effet, le Mode 3 décrit un échange d'information par le biais du fil pilote dédié qui permet à la borne d'indiquer le niveau de courant pouvant être fourni et assure également la continuité du fil de terre.

La communication peut utiliser un signal tel que le CPL (courant porteur en ligne) qui permet cette relation bilatérale. Cette voie permet un contrôle complet de la charge et, de plus, la gestion de l'identification de l'utilisateur. Elle pourrait même permettre la fourniture d'autres données (multimédia par exemple). Un projet de norme internationale (ISO 15118) est en cours d'élaboration et sa publication est espérée pour 2012.

Il n'y a cependant pas de consensus international à ce niveau et d'autres protocoles existent :

- celui défini par le standard Japonais CHAdeMO.
- celui défini par le standard Smart Energy 2.0 élaboré par Zigbee et supporté par la SAE. (il s'agit ici d'un échange sans fils).



3.2.3. Véhicules électriques et hybrides rechargeables prochainement sur le marché

3.2.3.1. Modèles

Tous les véhicules déjà commercialisés ou annoncés acceptent la charge normale mais tous n'acceptent pas la charge accélérée et certains n'acceptent pas la charge rapide. Ainsi, parmi les grands constructeurs, peu de modèles devraient accepter la charge accélérée en plus de la charge normale.

Le tableau ci-dessous donne une vision non exhaustive des principaux modèles de VE et VHR avec une technologie Li-Ion commercialisés ou à venir en Europe :

Technologie	Constructeur	Modèle	Date de lancement	Type de charge acceptée		
				Charge normale	Charge accélérée	Charge rapide
VE	Renault	Kangoo ZE	2012	✓	✓ (dans un second temps)	✓ (dans un troisième temps)
VE	Renault	Fluence ZE	2012	✓	✓ (dans un second temps)	✓ (dans un second temps)
VE	Renault	Zoé	2012	✓	✓ (dans un second temps)	✓ (dans un second temps)
VE	Renault	Twizy	2012	✓		
VE	Nissan	Leaf	2012	✓		✓
VE	PSA	Peugeot Ion	2011	✓		✓
VE	PSA	Citroën C-Zéro	2011	✓		✓
VE	Heuliez	Mia	2011	✓		
VE	Bolloré	Blue Car	> 2011	✓		
VE	Volvo	C30	>2011	✓		
VE	Volkswagen	Glof Blue-e-motion	2013	✓		✓
VE	Daimler	Smart Fortwo	2009	✓		
VE	Mitsubishi	I-MiEV	2011	✓		✓
VHR	Peugeot	3008/5008	2012	✓		
VHR	Opel	Ampera	2012	✓		

Principaux modèles de VE et VHR commercialisés ou à venir et les types de charge acceptés



3.2.3.2. Prises côté véhicules électriques et câbles

A l'heure actuelle, le câble de charge mis à disposition dans les véhicules est équipé de deux prises mâles :

- Type 1 ou 2 côté véhicule.
- Type E/F (domestique), Type 3 ou Type 2 côté infrastructure.

Par exemple, Renault met à disposition :

- Un câble Type 1 « côté véhicule » et Type 2 ou Type 3 « côté infrastructure » (en fonction des prises choisies pour l'infrastructure publique) pour une charge en Mode 3. Ce câble sera livré avec le véhicule.
- Un câble Type 1 « côté véhicule » et prise domestique « côté infrastructure » pour une charge en Mode 2. Ce câble sera en option.

Prise domestique
(charge en Mode 2)



Prise Type 2
(charge en Mode 3)



Prise Type 3
(charge en Mode 3)




Câble fournis par Renault

Il est à noter que des adaptateurs pouvant être ajoutés sur le câble existent que ce soit entre une prise de Type 2 ou 3 et des prises de Type 3, 2, E/F, CEI60309. Ces adaptateurs doivent être approuvés par les constructeurs⁵.

Les VE embarqueront une prise de Type 1 ou 2 conçue pour recevoir du courant alternatif issu de n'importe quel type de borne de charge : 240V monophasé ou 400V triphasé et éventuellement une deuxième prise permettant la charge rapide : 125A/500V continu ou 63A/400V triphasé alternatif selon les constructeurs (par exemple Renault a opté pour l'alternatif et Peugeot pour le continu).

⁵ Norme CEI 62196



La Nissan LEAF par exemple est équipée d'une prise SAE J1772/2009 de Type 2 pour la charge normale et d'une prise basée sur le standard CHAdeMO pour la charge rapide comme illustré ci-dessous :

Socle pour
prise
CHAdeMO



Socle pour
prise Type 2

Socles de la Nissan LEAF

Pour la recharge à domicile, comme indiqué au chapitre 3, l'utilisateur peut recharger son véhicule :

- Soit en branchant son véhicule sur une Wall-Box. La charge est alors réalisée en Mode 3 sous 16 A et dure environ 8 heures pour une batterie de 25kWh.
- Soit en branchant son véhicule sur une prise standard Type E/F. Dans ce cas, la charge est effectuée en Mode 2 et le câble fourni (cf. illustration des câbles Renault ci-dessus) est équipé d'un boîtier limitant l'intensité délivrée à 10 A. De ce fait la charge d'une batterie de 25kWh prend environ 10 heures.

Cette limitation de l'intensité pour la charge en Mode 2 est réalisée afin d'éviter les risques de surchauffe des prises et des installations (qui peuvent ne pas répondre aux normes actuelles) dans le cas d'une recharge sous 16A.

La Wall-Box, dont l'installation n'est pas rendue obligatoire par les constructeurs automobiles, permet de lancer la charge uniquement si le véhicule est connecté et que sa masse est bien reliée au circuit de protection de l'installation. Elle dispose d'un contrôleur de charge qui détermine la puissance maximale allouée au VE en tenant compte du fonctionnement éventuel d'autres équipements électriques au domicile (four, lave-vaisselle, etc...) et permet ainsi d'éviter que l'installation ne disjoncte. La Wall-Box peut également permettre de déclencher la charge lors du passage en heure creuse afin de profiter de conditions tarifaires plus avantageuses et être équipées d'un compteur spécifique pour mesurer l'énergie délivrée au VE lors de la charge. Elle pourra permettre dans plusieurs années la mise en place de services tels que le conditionnement thermique du véhicule.



3.2.4. Aperçu des différents plans et projets conduits à l'échelle internationale

Plusieurs exemples concernant la mise en place d'infrastructure publique dans des pays étrangers sont étudiés de manière approfondie du fait de leur position à proximité du Luxembourg ou de leur avancement en termes de déploiement :

- L'exemple Français au niveau national.
- L'exemple Strasbourgeois en France
- L'exemple Allemand au niveau national.
- L'exemple du projet Ladenetz en Allemagne.
- L'exemple Belge.
- L'exemple Portugais avec le projet MOBILE

3.2.4.1. Synthèse de l'exemple Français

Le gouvernement a fait du développement des véhicules électriques un enjeu majeur (au sein de la loi portant engagement national pour l'environnement, loi Grenelle 2) et a établi un plan national visant la circulation de 2 millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables d'ici 2020. Ce plan comporte 14 points dont celui du développement des infrastructures de charge.

Des études (« Livre vert sur les infrastructures de charge ouvertes au public pour les véhicules décarbonés ») concernant le développement des infrastructures de charge et leur déploiement ont été menées par l'Etat français et ont abouti à des orientations.


Les études dissocient deux types d'emplacements de charge : les emplacements de charge correspondant au stationnement principal sur lequel les véhicules électriques rechargeables (VE et VHR) stationnent pendant de longues durées et peuvent assurer la majorité de leur charge électrique (~ 90-95 %) et les emplacements de charge secondaire représentant 5 à 10% des charges.

Le stationnement principal peut-être localisé :

- Dans le domaine privé (domicile, employeur).
- Dans le domaine public : voirie et parking public.

L'emplacement de la charge principale d'un utilisateur de véhicule électrique stationnant principalement dans le domaine privé sera dans le domaine privé où il effectuera 90 à 95% des charges.

De même, l'emplacement de la charge principale d'un utilisateur de véhicule électrique stationnant principalement sur la voirie (respectivement sur un parking public) sera sur la voirie (respectivement le parking public) où il effectuera 90 à 95% des charges.



Pour les besoins de charge secondaire, il est considéré pour chacun des emplacements de stationnement principal, la répartition des emplacements de charge suivante : 1% en parking public, 4% sur la voirie et 5% privé accessible au public.

Au bilan les besoins de charge sur le domaine public proviennent à la fois :

- Des besoins de charge principaux des utilisateurs stationnant principalement leur véhicule électrique sur la voirie et en parking public.
- Des besoins de charges secondaires des utilisateurs stationnant principalement leur véhicule dans le domaine privé.

La charge normale est perçue comme le type de charge à systématiquement privilégier en considérant que celle-ci s'impose pour les places de stationnement dit « principal », sur lesquelles les véhicules rechargeables stationnent pendant de longues durées.

Les travaux menés concluent que ce type de charge doit ainsi avoir une diffusion très large au sein des espaces privés chez les particuliers ou les entreprises dans la mesure où elle permet une charge complète de la batterie en une nuit, ou au cours de la journée de travail sur les lieux d'activité.

Dans les cas où les temps de stationnement permettent une récupération d'autonomie pertinente (plus d'une heure), ce type de charge peut aussi satisfaire des besoins de charge dits « secondaires », qui visent à satisfaire les besoins de kilomètres additionnels pour le véhicule pendant la journée, pour permettre à l'utilisateur une flexibilité accrue dans son usage.

Les autres types de charge (accélérée et rapide) sont des charges de « confort » ou d'appoint, jouant un rôle important pour le décollage du marché de par leur fonction de « réassurance » pour les usagers, mais devant rester minoritaires voire exceptionnelles, pour des raisons de coûts et d'impact environnemental (risque accru de déplacement de la charge sur les pointes carbonées).

Au bilan, en ce qui concerne le domaine public, les travaux menés préconisent :

- Pour les bornes sur les parkings publics : charge normale ou une borne mixte permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée.
- Pour les bornes sur la voirie : charge normale ou une borne mixte permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée.

Afin de construire une évaluation des besoins en points de charge, des études ont été conduites dans le cadre de la rédaction du Livre Vert. Elles ont été construites sur la base des éléments suivants, caractérisant une agglomération comptant 500 000 habitants :

- Une répartition du lieu de stationnement principal entre les emplacements privés (domicile, entreprise) et publics (voirie et parking public). La répartition est la suivante : 80% en emplacement privé, 15% en voirie et 5% en parking public.



- Pour les besoins en charge principale, il est supposé que chaque véhicule doit correspondre à un point de charge dans la mesure où l'existence de ce point constitue un élément clé de la décision d'achat d'un véhicule électrique.
- Un nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables de 3 300 en 2015 pour un parc total de 275 000 véhicules.

Pour l'agglomération considérée, les calculs conduisent pour les emplacements publics en 2015 aux résultats suivants **si la collectivité souhaite adresser les besoins des usagers se chargeant principalement en espace public** :


- Pour le domaine public : 617 emplacements en voirie et 199 emplacements en parking public soit 23% de l'ensemble des points de charge.
- Pour la charge principale : 504 emplacements en voirie et 159 en parking public, soit 81% des points de charge publics et environ 18% de l'ensemble des points de charge.
- Pour ce qui est de la charge secondaire : 113 emplacements en voirie et 40 en parking public, soit 19% des points de charge publics et environ 4% de l'ensemble des points de charge.

Type de charge	Charge principale				Charge secondaire			TOTAL
	Privé		Public		Public		Privé ouvert au public	
	Domicile	Entreprise	Parking public	Voirie	Parking public	Voirie		
Normale	2 000	650	159	504	28	79	59	3 479
Accélérée	0	0	0	0	12	34	25	71
Rapide	0	0	0	0	0	0	10	10
TOTAL	2 000	650	159	504	40	113	94	3560
	3 313				153		94	3560

Type de charge	Voie		Parking public		TOTAL
	Charge principale	Charge secondaire	Charge principale	Charge secondaire	
Normale	504	79	159	28	770
Accélérée	0	34	0	12	46
Rapide	0	0	0	0	0
TOTAL	504	113	159	40	816
TOTAL	617		199		816

Tableau de répartition des points de charge pour une agglomération de 500 000 habitants selon le Livre Vert sur les infrastructures de charge ouvertes au public pour les véhicules décarbonés

Lorsque l'on considère l'ensemble des points de charge à installer pour satisfaire les besoins, y compris sur les espaces privés, on obtient un ratio moyen d'environ 1,1 point de charge par véhicule.



Ces calculs ont ensuite été extrapolés aux 25 plus grandes agglomérations françaises et conduisent au déploiement d'environ 44 000 points de charge publics en 2014, dont 50% sont destinés à la charge principale en espace public (en charge normale à 3 kVA), **si la collectivité souhaite adresser les besoins des usagers se chargeant principalement en espace public.**

Du fait des coûts associés au déploiement d'une telle infrastructure et pour ne pas limiter la compétitivité du véhicule électrique (à travers le paiement par l'utilisateur d'une partie du coût), le Livre Vert recommande de viser les points de charge destinés à la charge secondaire (qui sont des points de charge partagés) en priorité afin de favoriser de manière efficace le développement du véhicule électrique.

Afin de donner l'impulsion nécessaire au développement du véhicule électrique, le gouvernement français a associé douze villes pour le déploiement d'un réseau de bornes publiques de charge. Il est prévu de créer 75 000 points de charge publics dès 2015, et 400 000 points d'ici à 2020.

Le ministère de l'Ecologie table sur la création de 900 000 points de charge privés dès 2015 et près de 4 millions en 2020. Il est aussi prévu, dans le projet de loi Grenelle 2, d'imposer dès 2012 l'installation de prises de charge dans les immeubles neufs avec parkings. Dans les copropriétés existantes, les travaux devraient être facilités par la création d'un "droit à la prise". Au bilan, environ 9% de tous les points de charges devraient être des points de charges publics. Les communes seront chargées de l'installation et de l'exploitation des bornes, tâches qu'elles devront mener en étroite collaboration avec les GRD. L'Etat apportera son soutien financier aux communes à travers le programme « Investissements d'Avenir » au cours de la première phase de déploiement des infrastructures publiques (2011-2015).

Les travaux réalisés présentent (à travers le Livre Vert) les coûts d'établissement par point de charge. Ils sont divisés en deux catégories :

- Le coût matériel (borne de charge).
- Le coût de l'installation (génie civil, ingénierie, raccordement au réseau de distribution).

Le tableau suivant récapitule les principaux éléments :

Type de borne	Matériel (borne installée)	Engineering	Génie civil	Raccordement	Total en 2011
Normale (3kW)	Voirie : 3k€ Parking : 2,2k€	0,2k€	1,5k€	0,2k€	~5k€ par point de charge
Mixte (normale et accélérée)	Voirie : 3,5k€ Parking : 2,7k€	0,2k€	3,3k€	0,8k€	~8k€ par point de charge
Rapide (mixte : DC et AC)	~30k€	0,6k€	20k€	4,5k€	~55k€ par point de charge

Investissements par point de charge et par poste de coût pour les différents types de borne pour une station de 6 points de charge (sauf pour la charge rapide)



A l'échelle des 25 plus grandes agglomérations de France, ceci implique des charges annuelles (investissements et exploitation) de l'ordre de 300 M€ en 2015 pour l'établissement du projet sur la période 2011-2015.

Le Livre Vert estime que si les frais d'infrastructure de charge devaient être supportés intégralement par le client final, il faudrait alors lui faire payer pour chaque charge de 25 kWh :

- 13 € pour charge normale sur une borne située en voirie.
- 24€ pour charge accélérée sur une borne mixte charge normale-charge accélérée en charge située en voirie.
- 36 € pour une charge rapide sur une borne située en voirie.

Auxquels s'ajoute le coût de l'électricité estimé à environ 2€ pour ce même « plein ». Au bilan, faire supporter ces coûts à l'utilisateur viendrait grever la compétitivité du véhicule électrique.

Dans l'objectif d'avoir des infrastructures de charge compatibles avec le plus grand nombre de technologies et de catégories de véhicules (véhicules électriques de première génération, quadricycles, scooters, véhicules hybrides rechargeables etc.), les travaux menés concluent que :

- Pour la charge normale et la charge accélérée, le mode de charge doit être le Mode 3. A domicile, l'installation d'une Wall-Box est alors nécessaire et un contrôle de l'installation électrique pour vérifier en particulier les prises de terre s'impose.
- Pour la charge normale, il est nécessaire d'avoir deux catégories de socles de prise présents sur chaque borne : type E/F et 62196-2 Type-3, celles-ci étant les seules compatibles avec la réglementation française.
- Pour la charge accélérée, il est nécessaire que les bornes puissent délivrer également une puissance correspondante à la charge normale de façon à permettre la charge des véhicules non compatibles avec la charge accélérée. Dans ce cadre, les socles de prise pour les bornes de charge accélérée devront proposer deux types de socles de prise (Type E/F et 62196-2 Type 3).
- Pour la charge normale et accélérée, il est jugé opportun que le câble soit nomade (non attaché à la borne), en dehors de conditions d'usage particulières (ex. usage quasi privatif etc.).
- Pour la charge rapide, la présence de deux câbles attachés à la borne, l'un pour délivrer du courant continu, l'autre du courant alternatif, permettant ainsi de s'adapter aux deux options choisies par les constructeurs automobiles.

Concernant les moyens de paiement, les travaux ont conclu qu'il est nécessaire de retenir des solutions simples d'utilisation, utilisables par tous (y compris par des utilisateurs occasionnels) évolutives et économique. Les travaux s'orientent vers une mise en place en deux étapes :

- Dans un premier temps, mise en place d'un système simple et économique comprenant un paiement direct à la borne dans l'attente du déploiement des véhicules électriques et hybrides rechargeables, des évolutions techniques et de la standardisation.



- Dans un second temps et si cela s'avère nécessaire, l'infrastructure pourra évoluer vers l'itinérance (« roaming ») pour permettre un paiement « sans frontière » des recharges, (évitant au conducteur d'avoir à gérer des modalités de paiement différentes selon les gestionnaires locaux des points de charge). Aucun système n'a encore été défini à l'heure actuelle et il est prévu de toujours laisser la possibilité au client de payer sa charge directement et au coup par coup s'il le souhaite, ou de devenir le client d'un « opérateur de mobilité », lui commercialisant un forfait par exemple.

Concernant les moyens de paiement en tant que tels, les travaux s'orientent vers différentes solutions en fonction de l'environnement des bornes :

- Lorsque des moyens de paiements existent dans la proximité des bornes : horodateurs, caisse de parking, ... : utilisation de ces matériels (CB, monnayeur...). Ces matériels devront également être équipés d'un lecteur RFID et devront pouvoir évoluer vers le NFC.
- Lorsqu'il n'y a pas de matériel existant : installation de lecteurs RFID et NFC pouvant évoluer vers le paiement par carte bancaire sans contact.

Le paiement par carte bancaire classique à contact n'est pas recommandé pour des raisons de coût unitaire de la transaction trop élevé et il est recommandé que dans tous les cas, l'accès au service de charge soit possible à l'aide d'un téléphone portable.

L'objectif à terme est de permettre à l'utilisateur de s'identifier via le lecteur RFID, NFC ou via son téléphone portable.

Différentes fonctionnalités sont envisagées sans qu'aucune évaluation sur leur nécessité ne soit formulée. Il s'agit de :

- La localisation des stations de charge, avec identification de leur disponibilité.
- La réservation de places de stationnement à distance.
- Le déverrouillage physique de la place de stationnement.
- Les alertes pour le temps passé en charge.

Concernant l'approvisionnement en électricité des bornes, les travaux indiquent que le client final ne souscrivant pas de contrat de fourniture d'électricité et n'achetant pas de l'électricité mais un service de charge, l'exploitant de l'infrastructure de charge ne devrait pas être considéré comme un fournisseur d'électricité.



3.2.4.2. Synthèse de l'exemple strasbourgeois



Le projet Kléber a été déployé à Strasbourg à partir d'avril 2010. Durant 3 ans, une centaine de véhicules hybrides rechargeables (Toyota Prius) seront associés à différentes solutions opérationnelles d'infrastructures de charge, conçues pour faciliter la charge électrique et la facturation de l'électricité. Ce projet de démonstration associe EDF, Toyota, la communauté urbaine de Strasbourg ainsi que d'autres partenaires.

Environ 150 points de charge validés techniquement par EDF ont été installés :

- 8 en voirie et 19 dans les parkings publics (soit 18% des points de charge).
- Plus de 70 dans les entreprises partenaires.
- Plus de 50 au domicile des utilisateurs.

L'objectif est d'installer à terme 300 points de charge.

Les bornes de charge ont été installées par différents prestataires, il s'agit de bornes de charge normale ou accélérée chargeant le véhicule selon le Mode 3 avec des prises de Type 3.

Prestataires	Détails	Illustration
Hager (hardware) – Technolia (software)	<p>Hager et Technolia ont été chargé du déploiement en voirie, sur certains emplacements professionnels et à domicile.</p> <p>Une centaine de bornes de recharges ont été fournies.</p> <p>2 types de bornes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Borne de rue pour voirie : <ul style="list-style-type: none"> o installation sur pied et murale, o 1 ou 2 prises de courant ; 16 A ou 32 A, o prise CEI 62196 Type 3 pour Mode 3, o câble mobile o charge de 1 heure à 8 heures - Borne pour parking privé : <ul style="list-style-type: none"> o 1 ou 2 prises de courant ; 16 A ou 32 A o prise CEI 62196 Type 3 pour Mode 3 o câble mobile o charge de 1 heure à 8 heures 	
DBT	<p>DBT a déployé une dizaine de bornes de charge dans les parkings souterrains du centre-ville. Le système de charge DBT se compose de deux éléments essentiels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le totem qui permet à l'utilisateur d'activer et désactiver la charge via une interface - Les coffrets de charge équipés de deux prises. 	
Schneider Electric	<p>L'industriel a fourni 135 bornes de recharges installées sur les parkings des entreprises partenaires et au domicile des particuliers engagés dans l'expérimentation.</p>	

Partenaires intervenants dans le projet Kléber



Pour actionner le système, l'utilisateur s'identifie à l'aide de son badge RFID et branche son véhicule. La borne communique alors avec la voiture pour vérifier les conditions de sécurité, puis lance la charge.

Certains véhicules utilisent une technologie développée par EDF sur les Courants Porteurs en Ligne (CPL). Ce système permet, de contrôler la sécurité d'alimentation et d'identifier automatiquement le véhicule. Cette approche se fera sur 30% de la flotte à terme, grâce à des véhicules supportant la technologie CPL.

L'électricité consommée sera à la charge de l'entreprise, lorsque la charge se fera sur le lieu de travail, et à celle de l'utilisateur lorsqu'elle se fera au domicile. Dans les parkings publics et sur la voirie, le coût de la charge n'est pas facturé à l'utilisateur.

Un retour d'expérience a été réalisé grâce à un sondage auprès des utilisateurs. Il indique que les charges sont majoritairement réalisées sur le lieu de travail (60,8% des charges) et à domicile (35% des charges). **Les charges sur la voirie et en parkings publics ne représentent respectivement que 2,3 et 1,8% des charges.**

Ce retour d'expérience a permis de faire remonter de nombreux mécontentements concernant la mauvaise maniabilité du dispositif de charge :

- Opérabilité lors de la charge :
 - Câble gros et rigide.
 - Absence de rangement pour le câble.
 - Manipulation peu aisée, salissante.
 - Branchement sur secteur difficile la nuit.

- Demande de fonctions supplémentaires :
 - Affichage de la fermeture de la trappe de charge pour éviter les oublis.
 - Dispositif antivol du câble.
 - Temporisateur de charge.



3.2.4.3. Synthèse de l'exemple Allemand

En mars 2009, le gouvernement fédéral allemand a présenté « l'Initiative pour l'électromobilité » avec deux objectifs affichés :

- D'une part faire circuler un million de véhicules électriques en Allemagne en 2020, 5 millions en 2030 et avec une majorité de véhicules n'utilisant plus de combustibles fossiles dans les villes allemandes en 2050.
- D'autre part assurer la réalisation de l'ensemble de la chaîne de l'électromobilité – du développement des prototypes à la fabrication en série – sur le sol allemand.

Les estimations gouvernementales chiffrent à 7 milliards d'euros la réalisation de cet objectif. 500 millions ont été votés par le Bundestag (25 mars 2009) pour la première phase du plan (recherche, développement et fabrication de batteries pour véhicules électriques), complétés par une enveloppe de 150 millions d'euros du Ministère des Transports, de la Construction et du Développement Urbain (BMVBS), et par une enveloppe de 115 millions d'euros mise à disposition de régions pilotes pour l'électromobilité.

Le plan est conçu en trois phases, prévoyant l'installation de stations de charge à partir de 2012 :

- 2009-2011, Préparation du marché des véhicules électriques : amélioration des batteries et des véhicules, premières stations de charge et essais de démonstration de véhicules électriques et hybrides rechargeables.
- 2012-2016, Introduction des véhicules électriques sur le marché : mise en place de modes de propulsion bon marché et véhicules de deuxième génération, installation de stations de charge dans de nombreuses villes.
- 2017-2020, Pénétration du marché, production en masse éventuelle de batteries lithium-ion et de véhicules électriques et hybrides rechargeables.

En Mai 2010, le gouvernement fédéral a créé la « Nationale Plattform Elektromobilität » (NPE) composée de représentants du monde politique, industriel, scientifique, des autorités locales et des consommateurs. L'initiative, qui se compose de sept groupes de travail d'environ 20 membres, a pour objectif de préparer la feuille de route pour la réalisation des objectifs énoncés dans le Plan de développement national pour la mobilité électrique.

Dans le cadre de la première phase, plusieurs projets pilotes sont réalisés et financés par les ministères de l'Economie, des Transports et de l'Environnement.

Ainsi, le Ministère Fédéral des Transports, du Bâtiment et du Développement Urbain (BMVBS) finance des projets pilotes dans 8 régions pilotes à hauteur de 150 M€. Ils sont focalisés sur l'accélération de l'introduction sur le marché des véhicules électriques et hybride rechargeables et des infrastructures de charge associées.

Les objectifs globaux sont de :

- Vérifier la fonctionnalité, la fiabilité et la pertinence de l'utilisation quotidienne de nouveaux véhicules et des modèles d'approvisionnement en électricité (en particulier de manière à ce que l'infrastructure soit conviviale et interopérable).
- Obtenir des informations pertinentes pour les futurs concepts de mobilité et analyser les éventuels problèmes comme l'acceptabilité et les business models potentiels.
- Etudier les coûts relatifs à ces infrastructures.

Le tableau ci-dessous présente les 8 régions pilotes et les principaux acteurs impliqués.

Régions pilotes	Partenaires	Nombre de bornes de charge
Hambourg	Hambourg Energie, Vattenfall Europe, DB AG, La Ville d'Hambourg	100 publics 150 privés ouverts au public
Nord-Ouest (Breme/Oldenbourg)	BREPARK GmbH, die Städtische Parkgesellschaft Bremerhaven mbH, EWE, Airport Bremen	10 publics 40 privés
Berlin/Postdam	RWE, APCOA, Siemens, Vattenfall, ADAC, IHK Berlin, REWE, Contipark, IAV, Total, Messe Berlin und Gravis, Deutsche Bahn AG	600 au total dont 500 publics et privés ouverts au public
Rhin-Ruhr	RheinEnergie, Stadtwerke Düsseldorf, Stadtwerke Aachen-STAWAG und RWE Effizienz GmbH	500 publics, privés ouverts au public et privés
Rhin-Main	Stadtwerke Offenbach, Mainova AG, UPS, Transports Publics d'Offenbach, Energieversorgung Offenbach, Städtische Werke AG	115 publics, privés ouverts au public et privés
Saxe	ENSO Netz GmbH, DREWAG, Stadtwerke Dresden GmbH, Stadtwerke Leipzig, KEMA-IEV Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH und die Hochschule für Telekommunikation Leipzig	65 au total dont 8 publics, 25 privés ouverts au public, 32 privés
Stuttgart	EnBW AG, Robert Bosch GmbH, EIFER, Stadtwerke Ludwigsburg, Ville de Stuttgart, DB Logistics...	630 au total dont 80 publics, 500 privés ouverts au public et 50 privés
Munich	AUDI AG, BMW AG, SIEMENS AG, E.ON Energie AG, Stadtwerke München GmbH, Forschungsstelle für Energiewirtschaft mbH, Technische Universität München, fortiss GmbH	260 au total

Présentation des 8 régions pilotes

Le Ministère Fédéral de l'Economie et de la Technologie (BMWI) et le Ministère fédéral de l'Environnement (BMU) financent des projets de recherche appliquée dans le domaine des technologies de la communication pour l'électro-mobilité dans 7 régions à hauteur de 55M€.



Ces projets sont focalisés sur les domaines clés de l'intégration système : charge intelligente, système *vehicle-to-grid*, navigation, assistance à la conduite, facturation et système de paiement, flotte de véhicules...

Le tableau ci-dessous décrit les thèmes des 7 projets et reprend les principaux acteurs associés :

Nom	Thème	Acteurs
eE-Tour Allgäu	Electro-mobilité efficace et tourisme	Allgäuer Überlandwerk GmbH, Kempten University of Applied Sciences, Soloplan GmbH, MoveAbout GmbH, University of Tübingen, Technical University of Munich, John Deere Werke Mannheim, Energy 4U GmbH
e-mobility	Intégration des technologies de la communication pour l'électro mobilité	RWE GmbH, SAP AG, Technical University of Dortmund, Technical University of Berlin, Ewald&Günter Unternehmensberatung GmbH&Co KG
Future Fleet	Intégration des véhicules électriques au sein des flottes de véhicules d'entreprises	SAP AG, MVV Energie AG, the Öko-Institut, the Institute for Social-Ecological Research, Mannheim University of Applied Sciences
GridSurfer	Intégration des véhicules électriques au sein de système ruraux d'énergie	EWE AG, Wilhelm Karmann GmbH, Next Energy, OFFIS
Harz.EE-Mobility	Liaison entre l'utilisation de l'électro-mobilité avec le projet d'énergie renouvelable RegModHarz dans la région Harz	E.On Avacon AG, Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation, Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology, Harz University of Applied Sciences, in power GmbH, Krebs&Aulich GmbH, Otto von Guericke University of Magdeburg, Regenerate Kraftwerk Harz GmbH & Co, Siemens AG, Stadtwerke Blankenburg GmbH, Stadtwerke Quedlinburg GmbH, Stadtwerke Wernigerode GmbH, Vodafone Group R&D
MeRegioMobil	Réduction des émissions avec l'électro-mobilité	EnBW AG, the Karlsruhe Institute of Technology, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Adam Opel GmbH, Daimler AG, Robert Bosch GmbH, SAP AG, Stadtwerke Karlsruhe GmbH
Smart Wheels	Electro-mobilité intelligente dans la région modèle d'Aachen	FEV Engine Technology, Research Institute for Operations Management at Aachen University, STAWAG, Mennekes Elektrotechnik GmbH, RWTH Aachen university, Regio IT Aachen

Présentation des 7 projets sur les technologies de la communication

D'un point de vue général, le second rapport publié par la Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) envisage que les charges seront réalisées par conduction à court terme. Au-delà de la charge par conduction, la NPE s'intéresse à la charge par induction et indique que des expérimentations pourraient avoir lieu d'ici cinq ans.

Dans sa feuille de route, la NPE décrit la disponibilité des différents types de charge et indique que les types de charges suivant sont technologiquement disponibles pour les emplacements publics sur la période 2010-2013 :

- La charge normale (16A, 240V).
- La charge intermédiaire (16A, 400V).
- La charge accélérée (32A, 400V).

En ce qui concerne la charge rapide, la NPE prévoit la disponibilité de la charge rapide par courant alternatif (63A, 400V) pour les emplacements publics sur la période 2014-2017. La NPE estime que les charges doivent être réalisées suivant le Mode 3 quels que soient les emplacements privés (domicile, parking de l'employeur), publics (parkings, voirie) et privés ouverts au public.

Sur la base du plan du gouvernement fédéral allemand prévoyant de faire circuler un million de véhicules électriques en Allemagne en 2020, les experts de la NPE ont construit une hypothèse de croissance du marché allemand du véhicule électrique et hybride rechargeable sur 2011-2020. Cette trajectoire prévoit une répartition à part sensiblement égale entre les véhicules 100% électriques et les véhicules hybrides rechargeables à l'horizon 2020.

Partant de ces hypothèses, les membres de la NPE ont estimé le nombre de points de charge (normale à accélérée) en 2014 pour les zones urbaines, péri-urbaines et rurales par catégorie : privé (domestique, entreprises), public/et privé ouvert au publique, et les points de charge rapide.

Le tableau ci-dessous reprend les principaux éléments de cette estimation ainsi que le nombre total de points de charge en 2017 et 2020.

Année	Zones	Emplacements				TOTAL
		Charge normale ou accélérée - Domicile	Charge normale ou accélérée - Entreprises	Charge normale ou accélérée - Publics et privés ouverts au public	Charge rapide	
2014	Urbaine	23 400	15 900	12 000	5	51 305
	Péri-urbaine	24 570	12 390	5 250	0	42 210
	Rurale	14 400	7 600	2 000	240	24 240
	TOTAL	62 370	35 890	19 250 (dont 7 000 publics)	245	117 755
2017	-	-	-	-	-	~ 500 000
2020	-	-	-	-	-	~900 000

Répartition des points de charge selon la feuille de route de la NPE



En ne considérant que les points de charge publics, l'évolution sur la période 2011-2014 prévoit une augmentation du nombre de points de charge publique de 2 200 en 2011 à 7 000 en 2014, soit **6% de l'ensemble des points de charge**. Le tableau ci-dessous retrace cette trajectoire.

Année	Nombre total de points de charge publics
2011	2 200
2012	3 500
2013	5 000
2014	7 000

Evolution du nombre de points de charge publics selon la feuille de route de la NPE

La NPE a également étudié le coût d'investissement d'une infrastructure de charge publique en Mode 3 en € par point de charge. Le coût est décomposé en différents postes :

- Le coût matériel (2000-3000€ pour la borne, 100-700€ pour l'infrastructure de paiement).
- Le coût d'installation (1500-2500€ pour la construction, 1000-1500€ pour le raccordement au réseau).

La décomposition des coûts est présentée dans le tableau ci-dessous :

Catégorie de coûts	Poste de coût	Montant en €/point de charge
Matériel	Borne	2000-3000
Matériel	Système de paiement	100-700
Installation	-	1 500-2 500
Raccordement	-	1 000 – 1 500
Participation aux coûts de construction du réseau de distribution	-	0-700
Définition des places de charge	-	0 – 400
Approbation	-	100- 200
TOTAL		4 700 – 9 000

Décomposition des coûts par point de charge selon la NPE

Sur la base de ces estimations de coûts d'investissement (valeur basse) et du nombre total de points de charge publics, la NPE estime que les investissements annuels sont de l'ordre de 7-12M€ et totalisent 35,5M€ sur la période 2011-2014.



Année	Investissement annuel pour les points de charge publics (M€)
2011	7,0
2012	8,5
2013	8,5
2014	12
TOTAL	35,5

Investissements annuels pour les points de charge publics selon la NPE

La NPE a initié des travaux sur les modalités de financement en introduisant le modèle SIMONE. Ce modèle prévoit que les communes seront chargées de définir des zones auxquelles seront associés des objectifs en matière de nombre de points de charge. Le financement public sera réparti en fonction de ces zones et viendra de l'Etat fédéral, des Länder et de la commune. La répartition du financement public entre ces 3 acteurs n'a pas encore été fixée et fera l'objet de travaux ultérieurs de la NPE.

En dernier lieu, afin d'encourager le développement du véhicule électrique en Allemagne, l'Etat est en cours de réflexion sur la possibilité d'autoriser l'utilisateur à emprunter les voies de bus et la réservation des places de stationnement spécifiques.

Parmi les projets financés par l'Etat Fédéral, le projet « E-Mobility Berlin » est un des plus importants. Il associe le constructeur Daimler et le fournisseur d'électricité RWE qui gèrent conjointement un projet de démonstration de stations de charge à Berlin. Ils ont mis en place 60 stations de charge à Berlin à partir de septembre 2009 et sont en train d'étendre le système à 500 stations de charge. Daimler a fourni de son côté 100 e-Smart.

Les stations de charge utilisent des bornes RWE délivrant une charge accélérée (32A, 400V). La prise côté infrastructure est de Type 2 et la charge est effectuée en Mode 3.

Lors de la connexion du véhicule à la borne, l'utilisateur est automatiquement reconnu à travers le câble (technologie CPL), le système de gestion identifie le consommateur et le point de charge. (Dans les premières phases du projet, il est prévu que l'identification automatique soit limitée aux seuls clients contractuels de RWE). Afin de permettre cette identification automatique, RWE a développé un protocole de communication en coopération avec Daimler.

La mesure de la consommation est réalisée de manière automatique. A la fin de la charge, RWE est informé de la quantité d'énergie qui a été chargée et cette quantité est affectée au compte de l'utilisateur. Une facture est ensuite envoyée de manière trimestrielle par courrier.

Le client paie un droit d'entrée et sa consommation.

RWE a conclu des accords de roaming avec d'autres fournisseurs afin de permettre aux clients des autres fournisseurs d'électricité de pouvoir charger leur véhicule sur les bornes RWE.



3.2.4.4. Synthèse du projet Ladenetz

En Allemagne, au-delà des projets financés par l'Etat fédéral, d'autres projets sont pilotés par des entreprises de services municipaux (Stadtwerke), comme le projet « Ladenetz » qui résulte de la coopération de trois entreprises de services municipaux : STAWAG (Stadtwerke Aachen AG), DVV (Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft) et Stadtwerke Osnabrück AG.

Ces 3 sociétés ont créé la co-entreprise Smartlab qui propose des services d'électro-mobilité en particulier concernant la conception et la mise en œuvre de modèles économiques. L'offre s'adresse aux fournisseurs d'énergie locaux et aux services municipaux souhaitant profiter de projets de recherche et de développement de Smartlab ainsi que des infrastructures disponibles. L'objectif de la coentreprise est d'associer de nouveaux partenaires à « Ladenetz » et de les inciter à coopérer avec les services municipaux au développement et à la promotion de l'électro-mobilité. Concrètement, il s'agit d'élargir le réseau communal de stations de charge et de services. Les promoteurs du projet considèrent que les services municipaux, en qualité de fournisseurs d'énergie locaux, sont les plus à même de construire et de développer les solutions d'infrastructures communales dédiées à l'électro-mobilité.

Dans le cadre du projet Ladenetz, le paiement de la charge se fait à partir d'une carte spécifique qui permet d'utiliser n'importe quelle borne de charge labélisée Ladenetz. Il s'agit d'une carte RFID servant à l'identification. L'électricité ne provient que de sources renouvelables et les 100km d'autonomie seront facturés 70 cents⁶.


Le fournisseur d'énergie d'une borne est l'entreprise locale de services municipaux cependant l'interlocuteur demeure le service municipal du domicile de l'utilisateur. Les membres du projet Ladenetz ont donc développé une solution d'itinérance (roaming) à travers des accords. Pour l'instant la construction de ce modèle n'est pas terminée et le consommateur ne paie pas l'électricité consommée pour la charge de son véhicule sur le réseau Ladenetz (il ne paie qu'un droit d'entrée). Des discussions pour des accords de roaming ont également été engagées avec des fournisseurs Néerlandais et Autrichien. Les travaux sur le système de roaming ont été lancés il y a 2 ans et ont coûté environ 0,5M€ depuis.

Les bornes utilisées par le projet Ladenetz sont choisies par chaque Stadtwerke. Elles peuvent être de différents types :

- Des bornes de charge normale : 16A, 240V.
- Des bornes de charge accélérée : 32A, 400V.
- Des bornes de charge intermédiaire : 16A, 400V ou 32A, 240V.

En particulier à Aachen, les bornes permettent une charge normale (16A, 240V) et également une charge intermédiaire (16A, 400V). Ces bornes sont fournies par la société Mennekes avec des prises domestiques côté infrastructure (« Schuko ») ou de Type 2. Sur le territoire des autres

⁶ <http://stawag.ladenetz.de/index.php?id=97&L=3>



Stadtwerke, les prises côté infrastructure sont généralement des prise de Type 2 mais peuvent également être de type CEI 60 309-2.

3.2.4.5. Synthèse de l'exemple Belge

La Belgique n'a pas de plan national pour le développement du véhicule électrique mais a récemment annoncé qu'elle envisageait d'élaborer un « master plan ». Le SPF économie (Service public fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie) a par ailleurs établi depuis avril 2010 une plateforme sur le véhicule électrique.

Les conclusions de cette plateforme sur les bornes de rechargement ont été publiées en Octobre 2010. Le rapport recommande d'opter pour une prise « bleue » industrielle (conformément à la norme CEI 60309-2) côté infrastructure et attend le choix définitif d'un des trois types de prise au niveau européen.

Au niveau économique, les conclusions indiquent que le choix d'un business model est un point important puisqu'il doit permettre de déterminer qui va prendre les coûts en charge : le consommateur ou l'ensemble de la société (si l'on considère qu'il s'agit d'un bien public, bénéficiant à tous).

Selon la plateforme, les travaux réalisés montrent que l'exploitation des installations de charge n'est pas viable pour le marché privé à l'heure actuelle, cela ne signifiant pas que les pouvoirs publics doivent immédiatement installer massivement des bornes de rechargement.

Au-delà de ces considérations nationales, il est à noter que Total a équipé 12 stations-services de borne de charge en Belgique. Les bornes utilisées sont polyvalentes et permettent :

- Des charges rapides en courant continu.
- Des charges rapides en courant alternatif.
- Des charges accélérées.
- Des charges normales.

Les tarifs sont fonction du mode de charge choisi et de la durée de la charge comme l'illustre le tableau ci-dessous :

Tarif	Type de charge	Durée
4€	Charge rapide	10 minutes
	Charge accélérée	20 minutes
	Charge normale	60 minutes

Tarifs des différents types de charge proposés par Total en Belgique



3.2.4.6. Synthèse de l'exemple Portugais

Le Portugal a initié un consortium d'industriels associés à des pôles de recherche pour favoriser le développement de l'industrie de la voiture électrique sur son territoire. Il s'agit du projet MOBI.E. Ce projet est financé par des fonds publics.

Le réseau de charge MOBI.E inclut différents types de charge :

- La charge normale à accélérée (à domicile, pour les flottes d'entreprises, dans la rue et sur les parkings, etc.).
- La charge rapide – jusqu'à 200A/500V DC (sur les autoroutes, dans les stations-services, etc.).

La phase pilote consiste à installer 1 300 points de charge normale à accélérée et une cinquantaine de points de charge rapide, soit l'un des réseaux les plus denses d'Europe. Cette phase devait être réalisée d'ici la fin du premier semestre 2011 dans les 25 villes principales du Portugal.

Le concept de charge développé par MOBI.E repose sur une station centrale capable de gérer des stations satellites et un ensemble de stations satellites.

La station centrale peut gérer jusqu'à 250 points de charge. A l'heure actuelle le mode de charge prévu est le Mode 2 avec une prise côté infrastructure de type IEC 60309. Cependant, il est prévu que la charge évolue vers le Mode 3 et une prise coté infrastructure de Type 2 ou 3.

Selon Efacec⁷ un point de charge normal coûte 3 000€ pour la station centrale et 1 500 euros pour les stations satellites. Un point de charge rapide coûte 30 000€ pour la station centrale.

L'utilisateur du réseau MOBI.E a besoin d'acquérir une carte d'identification RFID. Elle lui est fournie par son fournisseur d'électricité et lui permet de charger à n'importe quel point du réseau. Dès que la charge est terminée, le compte de l'utilisateur est débité du montant correspondant à la quantité d'électricité consommée.

Dans le cadre de ce projet, la société Intelli, coordinatrice du projet MOBI.E au niveau de l'installation, a passé une commande auprès de Siemens pour l'acquisition de 300 bornes de charge. Ces bornes seront installées par la société Intelli et seront mises en service en 2012 dans des parkings publics, des centres commerciaux, des hôtels et des aéroports. La commande porte sur le modèle CP700A qui permet une charge en Mode 3 et identifie la capacité de charge maximale autorisée. En fonction de cette capacité, elle active au choix une alimentation 20 A (charge intermédiaire) ou 32 A (charge accélérée).

⁷ Efacec est une entreprise portugaise présente dans les équipements électromécanique et électronique et participe au projet Mobi.E.



Ces bornes présentent :

- une prise de Type 2: pour une charge accélérée (32A, 400V) ou une charge intermédiaire (20A, 400V).
- une prise domestique pour une charge normale (16A, 220V) en Mode 2.

Le projet est articulé autour de 3 types d'acteurs clés :

- Les fournisseurs d'électricité qui vendent l'électricité pour la charge.
- Les opérateurs qui exploitent les points de charge MOBI.E.
- Une autorité de gestion des opérations du réseau de mobilité électrique (SGORME) qui assure l'intégration des services dans un système unique. Cette entité garantit l'interopérabilité et la compatibilité technique et est détenue par les parties prenantes. Le SGORME est également en charge du roaming qui a été mis en place entre les fournisseurs d'électricité.

Un système informatique de gestion national a été mis en place. Il communique avec les systèmes de gestion des différents gestionnaires d'infrastructure de charge qu'ils soient publics ou privés. Le système d'information utilisé par MOBI.E permet les fonctionnalités suivantes pour les différents acteurs :

Utilisateurs	Opérateurs de charge	Fournisseurs d'électricité
<ul style="list-style-type: none">• Accès Web multiplateforme : PC, PDA, téléphone portable• Emplacements des points de charge et de leur disponibilité• Réservation des stations de charge• Etat de la batterie• Facturation intégrée incluant les services complémentaires	<ul style="list-style-type: none">• Information sur l'état du réseau• Gestion à distance des stations de charge• Facturation prépayée/post-payée pour les services additionnels• Intégration avec les systèmes de fidélité de tiers	<ul style="list-style-type: none">• Information sur la mesure de la consommation• Plateforme CRM (clients, contrats, tarifs)• Facturation prépayée/post-payée• Programme de fidélité

Fonctionnalités permises par le système d'information du projet MOBI.E



4. Etat des lieux des expériences et initiatives luxembourgeoises en matière d'électro-mobilité

4.1. Eléments clés

Le développement du véhicule électrique est un élément important pour le Luxembourg dans le cadre du respect des objectifs de réduction des émissions de CO₂. Pour atteindre ces objectifs, le gouvernement table sur un taux de pénétration du véhicule électrique dans le parc roulant de 10% en 2020, représentant environ 40 000 véhicules.

Dans ce contexte, plusieurs acteurs ont commencé à se positionner dans le déploiement d'une infrastructure de charge en dehors d'une approche structurée au niveau national, reflet d'une phase d'émergence.

Ainsi, plusieurs collectivités ont commencé à déployer des bornes de charge normale sur leur territoire :

- La commune de Beckerich avec 2 bornes installées, la commune de Sanem et la Ville de Dudelange avec 1 borne déjà installée chacune.
- Nordstad avec 8 stations de charge normale qui devraient être prochainement installées et une solution de car-sharing prochainement mise en place.
- La commune de Mersch avec 1 borne de charge installée dans un parking de gare.

Une initiative privée menée par Cactus a récemment vu le jour. Elle vise l'installation de bornes sur les parkings de ses centres commerciaux.

D'autres acteurs se positionnent comme des fournisseurs de solutions pour la charge (Enovos, Electrïs et Estonteco, EIDA) ou pour le car-sharing (CityMov').

Enfin, la plateforme Elektromobilität a permis d'initier une concertation indispensable dans une phase d'exploration où plusieurs projets apparaissent.

D'un point de vue technique, les prises côté infrastructure utilisées varient d'un projet à l'autre et sont des prises de type domestique (E/F) ou des prises industrielles (CEI 60309).

Les moyens de paiement utilisés sont basés sur des systèmes d'identification par badge RFID prépayé ou avec facturation *a posteriori*.



4.2. Fournisseurs de solutions

4.2.1. Enovos

Enovos Luxembourg se positionne comme un fournisseur de solution d'électro-mobilité à travers le développement des infrastructures et la commercialisation, le développement et la vente de produits pour l'électro-mobilité.

Ainsi Enovos propose un package tout-en-un comprenant :

- Le leasing d'un véhicule (Citroën C-Zéro ou Peugeot I-On), incluant le loyer, l'assurance, l'entretiens, les pneus... en partenariat avec Leaseplan.
- La fourniture d'électricité à travers l'offre mobistroum.
- L'installation d'une infrastructure de charge (pour les entreprises ou les communes).

Les bornes de charge proposées par Enovos sont :

- Des bornes Technolia avec 2 points de charge et avec une identification par badge RFID ou SMS.
- Des bornes RWE avec 2 points de charge et avec une identification par badge RFID, SMS ou une identification automatique via la technologie CPL (à travers le standard IEC 15118 et le standard SCCPS développé par Daimler et RWE).

Le software en charge de la gestion des bornes est hébergé chez Technolia ou RWE. Après la charge, la borne communique la consommation au software hébergé chez Technolia ou RWE qui renvoient à leur tour les données à Enovos pour la facturation.

Enovos propose également un carport photovoltaïque et des stations de charge pour vélos/motocycles.

4.2.2. Electris-Estonteco

Le fournisseur d'électricité et gestionnaire de réseau de distribution Electris s'est associé à la société Estonteco qui a développé un concept d'électro-mobilité en partenariat avec Mennekes et Bosch. Les stations proposées comprennent des bornes avec 4 emplacements de charge ou une borne simple avec 4 bornes satellites permettant chacune de charger 4 véhicules.

Ces bornes permettent de charger soit en charge normale (240V, 16A) soit en charge accélérée (400V, 32A) et possèdent 2 prises (Type 2 ou E/F), chacune dédiée à un type de charge.

Pour accéder au système, il est nécessaire de posséder une carte RFID permettant de s'identifier. Une fois la charge terminée, le montant correspondant à la charge est envoyé au serveur central pour émettre la facture qui est envoyée de manière mensuelle et qui présente les détails des charges (emplacement, date, consommation). Le client doit ensuite payer sa facture selon les moyens usuels (domiciliation, virement...).



Le paiement comprend à la fois un paiement au moment de l'établissement de la carte et pour la consommation.

Le système pourra être ouvert aux possesseurs d'autres cartes RFID si les différents exploitants ont accès aux différentes listes d'utilisateurs (par un système national ou un échange direct de fichier).

Pour promouvoir le service, Electrictis propose de fournir l'électricité gratuitement pendant un an et de prendre à sa charge le coût d'utilisation du réseau de distribution. Cela à la condition de la signature d'un contrat de 2 ans pour la fourniture d'électricité par Electrictis. Au-delà de ces deux ans, l'exploitant de la station de charge pourra choisir son propre fournisseur.

4.2.3. EIDA

EIDA, fournisseur d'électricité verte, se positionne comme un fournisseur de solution de mobilité à travers son partenariat de distribution avec ParkPod.

Les bornes proposées peuvent être équipées au choix de prises IEC 60309, Schuko, Type 2 ou Type 3.

Les types de charge proposée par ParkPod vont de la charge normale (240V, 16A) à la charge accélérée (400V, 32A) en passant par la charge intermédiaire (240V, 32A).

EIDA a installé 3 stations à Beckerich et 1 à Mersch.

4.2.4. CityMov'


La société CityMov' a développé un concept de car-sharing et de vélo-sharing accessible via le même badge RFID, avec une facturation commune et sans réservation. Cette mise à disposition vise les centres villes et une clientèle de particuliers, résidents ou travailleurs du Grand-Duché.

Le paiement est effectué via un système d'abonnement et en fonction de l'utilisation du véhicule.

Pour obtenir un badge, le futur utilisateur se rend dans un point de vente pour s'inscrire et suivre une « formation » initiale sur l'utilisation du véhicule / système d'une durée de 15 minutes.

Pour charger le véhicule, l'utilisateur devra badger sur la borne et pour utiliser le véhicule, l'utilisateur devra badger sur la porte du véhicule.

CityMov' peut intervenir de deux façons différentes : par la vente du système clé en main ou en tant qu'exploitant de ce système. Le logiciel permettant la gestion du système (identification, facturation) est intégré à l'offre.



Le concept n'a pas besoin d'infrastructure publique dans la mesure où la charge peut être réalisée la nuit dans les locaux de CityMov' : une équipe va chercher les véhicules et les ramène une fois chargés (les véhicules sont géo-localisés). Il est cependant possible de faire en sorte que l'utilisateur soit obligé de ramener le véhicule dans une station de charge.

4.3. Projets de déploiement de bornes et de car-sharing

4.3.1. Projet Nordstad eMovin

Il s'agit d'un concept de car-sharing et de vélo-sharing couplé avec une infrastructure de charge et associant plusieurs communes du Nord du Grand-Duché du Luxembourg (Bettendorf, Colmar-Berg, Diekirch, Ettelbruck, Schieren), le projet est coordonné par la plateforme via le CRP Henri Tudor. Le projet durera 24 mois et a été lancé en juillet 2011.

Le projet est financé à hauteur de 55% par le FEDER et l'Etat luxembourgeois. Les appels d'offres sont en cours d'élaboration et concerneront :

- L'installation d'une infrastructure de charge pour les voitures et les pédélecs.
- L'acquisition d'une flotte de pédélecs.
- L'exploitation du système avec : la mise à disposition de 35 voitures électriques, la délivrance de la carte permettant d'accéder au système, la gestion du système informatique et la réalisation de la facturation.

L'exploitation du système pour la partie pédélecs devrait être confiée au CIGR (Centre d'Initiative et de Gestion Régional) dans le Cadre du Réseau Objectif Plein Emploi et concernera la répartition des pédélecs, l'entretien courant et les petites réparations.

Les caractéristiques du système actuellement envisagées et non encore arrêtées sont les suivantes :

- 8 stations (avec 2 points de charge dédiés aux voitures et 4 emplacements dédiés aux vélos) devraient être installées. Il s'agira de bornes de charge normale.
- Les bornes devraient être placées près de zones de passage : école, gare, parking. Les villes d'Ettelbruck et de Diekirch devraient installer 3 et 2 stations respectivement (école, zone piétonne, gare) et les communes de taille plus modeste devraient installer une station.
- L'accès au système et l'identification de l'utilisateur se fera via un badge RFID. Une fois l'utilisateur identifié, la facturation sera réalisée sur son compte client directement. L'objectif étant à terme de pouvoir coupler ce badge à d'autres cartes (autres cartes RFID dont par exemple E-Go⁸).

⁸ Carte permettant l'accès aux transports publics au Grand-Duché de Luxembourg.



- Le paiement par SMS pourrait également être mis en place.

4.3.2. Projet ZAC eMovin

Il s'agit d'un projet s'adressant aux VE dans les Zones d'Activités Commerciales de Luxembourg (Strassen, Kirchberg, Cloche d'Or). Il associe Enovos et le CRP Henri Tudor. PSA et le CEPS Instead sont également impliqués en tant que supports méthodologiques.

Le projet durera 24 mois et a été lancé le 25 juillet 2011. Il consiste à mettre en place un car-sharing (en inter-sites et pour les déplacements professionnels) et un car-pooling (pour les trajets lieu de résidence – lieu de travail) entre les différentes zones d'activités avec la possibilité pour les utilisateurs de VE salariés des différents partenaires de charger leur véhicule sur n'importe quelle borne appartenant aux partenaires.

La caractérisation exacte du projet reste encore à définir, en particulier, des discussions ont lieu au sujet de l'accès aux bornes pour les utilisateurs « extérieurs ».

4.3.3. Projet commune de Sanem

Une borne de charge a été inaugurée le 6 septembre 2011 sur le parking de la maison communale de Belvaux. Il s'agit d'une borne Technolia permettant une charge normale (240V, 16A) avec deux points de chargement. La prise côté infrastructure est de type industriel (CEI 60 309).

Enovos est le fournisseur d'électricité.

La borne nécessite de s'identifier via un badge RFID. Elle peut dialoguer avec les serveurs du gestionnaire au travers de liaison type GPRS ou autre. Après la charge, la borne communique la consommation au software hébergé chez Technolia qui renvoie les données à Enovos pour la facturation.

Le montant de la consommation est facturé à l'utilisateur qui devra avoir souscrit un contrat d'électricité auprès d'Enovos. Ce système sera mis en place ultérieurement, pour l'instant la commune de Sanem se voit facturer la consommation d'électricité fournie par Enovos et l'utilisateur ne paie pas sa consommation.

4.3.4. Projet Ville de Dudelange

Une borne de charge a été inaugurée le 17 septembre 2011 à Dudelange. Il s'agit d'une borne Technolia permettant une charge normale (240V, 16A) avec deux points de chargement. La prise côté infrastructure est de type CEI 60 309-2.



La borne nécessite de s'identifier via un badge RFID. Elle peut dialoguer avec les serveurs du gestionnaire au travers de liaison type GPRS ou autre. Après la charge, la borne communique la consommation au software hébergé chez Technolia qui renvoie les données à Enovos pour la facturation.

Une fois la charge effectuée, le montant de la consommation est facturé à l'utilisateur qui devra avoir souscrit un contrat d'électricité auprès d'Enovos. Ce système sera mis en place ultérieurement, pour l'instant la Ville de Dudelange se voit facturer la consommation d'électricité fournie par Enovos et l'utilisateur ne paie pas sa consommation.

La station de charge comprend également un carport photovoltaïque (produit par Solarworld) qui permet de protéger le véhicule des intempéries mais également de produire de l'électricité solaire et une station de charge pour vélo avec 4 emplacements.

4.3.5. Projet commune de Beckerich

Trois bornes ont été installées à Beckerich et à Oberpallen :

- Deux sur le domaine public : à Beckerich Millen et sur le parking du Hall sportif de Beckerich.
- Une sur le domaine privé accessible au public : centre commercial Pall Center d'Oberpallen.

Il s'agit de bornes de charge normale avec deux prises de type E/F. Les bornes sont alimentées par EIDA. L'électricité sera gratuite dans un premier temps, puis la commune de Beckerich et le centre commercial décideront chacun du tarif qu'ils souhaitent appliquer.

L'accès aux bornes est réalisée par carte RFID disponible auprès de l'administration communale de Beckerich, auprès du fournisseur d'électricité ou au Pall Center d'Oberpallen. Il s'agit d'un système de prépaiement.

4.3.6. Projet commune de Mersch

La commune de Mersch a installé une borne dans le parking de la gare de Mersch. Il s'agit d'une borne de charge normale avec deux prises de Type E/F.

Les bornes sont alimentées par Electris. L'accès aux bornes est réalisée par carte RFID prépayées.

4.3.7. Projet Cactus

Des bornes de charge accélérée (32A, 400V) avec 2 emplacements seront prochainement installées sur les parkings de 7 centres commerciaux de la chaîne de supermarché Cactus.



Certaines bornes délivreront une charge normale (16A, 240V). Les bornes seront alimentées par Enovos.

Certains parkings seront également équipés de stations de charge pour pédélec avec 4 emplacements.

La prise côté infrastructure sera de Type 2 et de type CEI 60 309-2 pour les stations à charge normale. Pour les deux roues, les prises seront du type « E/F ».

La borne nécessite de s'identifier via un badge RFID. La borne vérifie si l'utilisateur est inscrit sur sa liste d'utilisateur admis et lance la charge le cas échéant (l'utilisateur devra avoir souscrit un contrat de fourniture d'électricité auprès d'Enovos). La borne communique ensuite la consommation au software hébergé chez RWE qui renvoie les données à Enovos pour la facturation.

Une fois la charge effectuée, le montant de la consommation est envoyée au système de gestion de la facturation d'Enovos qui impute ce montant sur la facture d'électricité « classique » de l'utilisateur. A priori aucun autre moyen de paiement ne sera mis en place.

4.4. Coordination de la plateforme Elektromobilität

Cette plateforme lancée en mars 2010 à l'initiative du Centre de Recherche Publique Henri Tudor et d'Enovos compte environ 100 membres dont des fournisseurs d'électricité, des gestionnaires de réseau de distribution, des constructeurs automobiles, des équipementiers, des sociétés d'études et d'ingénierie, les ministères (Economie et Commerce Extérieur, Développement Durable et Infrastructures)...

Ses principales activités reposent sur :

- L'information, l'échange de savoir-faire, le networking national et international.
- L'organisation de séminaires, de salon.
- La veille technologique.
- La veille commerciale.
- Des propositions de solutions innovantes pour le Luxembourg, des recommandations pour l'orientation de la politique nationale.
- La coordination de projets pilote.

5. Spécificités et besoins au Luxembourg en matière d'électromobilité



5.1. Eléments clés

Les parties prenantes luxembourgeoises ont une vision assez homogène des spécificités et besoins du Luxembourg en matière d'électro-mobilité et mettent en avant des points nécessitant des décisions aux niveaux réglementaire ou normatif.

Un consensus a ainsi pu être dégagé entre les parties prenantes au sujet de l'architecture globale, du type de charge, du moyen de paiement et des fonctionnalités de la borne, tandis que le principal débat entre les parties prenantes concerne le modèle d'approvisionnement en électricité des bornes de charge publiques.

La totalité des parties prenantes estiment que la majorité des recharges sera réalisé au domicile et soulignent la nécessité d'une infrastructure publique permettant de rassurer les utilisateurs. Cette infrastructure publique n'aura pas pour objet de couvrir les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé et représentera moins de 10% de l'ensemble des points de charges. Dans de rares cas, un modèle sans infrastructure privée soutenu par des incitations financières ou réglementaires est évoqué comme une possibilité.


La charge normale s'impose pour tous les emplacements privés et publics. Dans de rares cas une charge accélérée pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare est envisagée comme une solution plus cohérente avec la durée de stationnement. La charge accélérée et la charge rapide sont considérées comme des exceptions dédiées à des emplacements privés ouverts au public et spécifiques (parking de centre commercial pour la charge accélérée et stations-services pour la charge rapide).

Un consensus se dégage entre les parties prenantes concernant le moyen de paiement qui doit être simple et ouvert à tous (y compris les frontaliers). Le moyen de paiement privilégié est un système d'identification par badge RFID.

Les parties prenantes partagent également le fait que les fonctionnalités concernant la disponibilité et la réservation de la borne ainsi que le conditionnement thermique des véhicules pendant la charge sont intéressantes mais non nécessaires à court terme.

Les parties prenantes sont par contre divisées quant au choix du fournisseur : certaines sont favorables à un système dans lequel l'utilisateur aurait le choix du fournisseur et pour lequel un système de roaming devra être mis en place, d'autres estiment qu'un modèle plus simple sans roaming serait plus pertinent.

Les parties prenantes sont partagées quant aux modalités de financement et à l'organisation en termes d'installation et d'exploitation. Certaines souhaitent confier l'installation et l'exploitation aux GRD ou aux communes, d'autres envisagent la création d'une entité nationale en charge de ces activités. Elles envisagent différents modes de financement sans qu'aucun consensus ne



puisse être dégagé autour de l'un d'entre eux : financement par l'Etat, financement par un mécanisme de compensation, financement par le tarif d'utilisation des réseaux de distribution.

Les parties prenantes soulignent enfin que les éléments suivants nécessitent une décision au niveau normatif ou réglementaire :

- L'approvisionnement de la borne en électricité avec la question du statut de l'exploitant de l'infrastructure qui pourrait être considéré comme un fournisseur d'électricité.
- Le type de prise avec le besoin de standardisation.
- La communication entre le véhicule et la borne avec le besoin de standardisation.
- La nécessité de réglementer le stationnement des véhicules électriques avec des emplacements de charge publics dédiés aux seuls véhicules électriques.
- La nécessité d'imposer l'installation de Wall-Box chez le particulier désirant recharger son véhicule à son domicile.

5.2. Infrastructure

5.2.1. Architecture globale

5.2.1.1. Développement du véhicule électrique

Comme mentionné précédemment, le plan du gouvernement fixe un objectif de 10% de pénétration des véhicules électriques et hybrides rechargeables en 2020, c'est-à-dire environ 40 000 véhicules. Cet objectif est considéré comme ambitieux par la très large majorité des parties prenantes de l'électro-mobilité au Luxembourg.

Le développement du véhicule électrique est un des éléments, pour le Luxembourg, permettant d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂.

A l'heure actuelle, afin d'encourager le développement du véhicule électrique, une subvention de 3 000€ est accordée par l'Etat Luxembourgeois pour l'achat d'un véhicule électrique sous condition de souscription d'une fourniture d'électricité verte.

Plusieurs participants dont les constructeurs automobiles jugent ce montant trop faible, notamment en comparaison des montants accordés en France (5000€), et le processus d'attribution trop long.

5.2.1.2. Utilisation du VE

Il convient de distinguer deux « types » de population au Luxembourg : les résidents et les frontaliers. En effet, le Luxembourg voit environ 148 300 frontaliers traverser chaque jour ses

frontières depuis la France (73 200), l'Allemagne (37 300) et la Belgique (37 800)⁹. Un net consensus apparaît quant à la nécessité de faire en sorte que l'infrastructure de charge publique au Luxembourg puisse être ouverte aux frontaliers, d'autant plus que les frontaliers - au même titre que les résidents mais dans une moindre mesure - peuvent être des utilisateurs potentiels du véhicule électrique étant donné que leurs habitudes concernant les trajets domicile-travail en termes de distance parcourue, d'utilisation de la voiture et d'accès à un point de charge à domicile sont compatibles avec l'utilisation du véhicule électrique.

Distance parcourue et usage de la voiture

Dans 9 cas sur 10, les résidents parcourent moins de 60 km/jour et près d'un quart des actifs résidents parcourent moins de 5 kilomètres pour un trajet domicile-travail¹⁰.

Pour les résidents, l'usage de la voiture seule pour les déplacements domicile travail représentait 76% des usages en 2007 ; le trajet médian étant alors de 15 kilomètres pour une durée de 20 minutes¹¹.

Selon les données du STATEC, les frontaliers parcourent en moyenne 44,3 kilomètres pour un temps moyen de 42,3 minutes¹² et moins de 1% des frontaliers parcourent moins de 5 kilomètres pour un trajet domicile-travail¹³. Dans près de 95% des cas, la distance domicile-travail est inférieure à 90km¹⁴.

Pour les frontaliers, l'usage de la voiture seule pour les déplacements domicile-travail représentait 89% des usages en 2007¹⁵, le trajet médian étant alors de 40 kilomètres pour une durée de 40 minutes.

Les trajets domicile-travail des frontaliers sont supérieurs à ceux des résidents, tout en restant pour la majorité des déplacements compatibles avec l'autonomie d'un véhicule électrique.

Etant donné qu'un véhicule électrique devient plus avantageux économiquement qu'un véhicule diesel à partir de 12 000 km par an¹⁶ soit 50km par jour, les résidents et les frontaliers sont pour une partie d'entre eux, des utilisateurs potentiels du véhicule électrique.

Données	Résidents	Frontaliers
Proportion réalisant des trajets	~5-10% ¹⁸	33,7%

⁹ Source : Données STATEC 2009

¹⁰ Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

¹¹ Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

¹² Population & Territoire, vers une catégorisation des déplacements domicile-travail des frontaliers luxembourgeois en 2003, STATEC, CEAPS INSTEAD, Juillet 2004

¹³ Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

¹⁴ Source : Population & territoire, STATEC, CEPS INSTEAD, Les déplacements domicile-travail des frontaliers du bassin de main d'œuvre luxembourgeois en 2002, Juin 2003

¹⁵ Source : Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

¹⁶ Source : données Renault basées sur le Total Cost of Ownership



domicile-travail >50 km/jour ¹⁷		
Part des utilisateurs recourant à la voiture comme unique moyen de transport pour le trajet domicile-travail ¹⁹	76%	89%
Distance médiane pour les trajets domicile-travail uniquement réalisés en voiture ²⁰	15 km	40 km

Principales données sur les trajets domicile-travail et l'utilisation de la voiture au Luxembourg

Un autre aspect spécifique au Luxembourg concerne les parkings P+R. Placés le long des grands axes de circulation, ils ont été mis en place dans l'optique de désengorger les centres villes en offrant une possibilité d'intermodalité aux frontaliers et résidents. En considérant le grand nombre de frontaliers existant au Luxembourg, ce type de parking (ainsi que les parkings de gare) ressort comme un endroit clé à viser pour une infrastructure publique.

Accès à un point de charge

Selon les entretiens menés avec les parties prenantes, il est estimé qu'environ 60% des résidents Luxembourgeois ont accès à un garage que ce soit un garage individuel ou un garage collectif. De ce fait, 60% des résidents Luxembourgeois devraient avoir accès à un point de charge à domicile (partagé ou non).

Les frontaliers, quant à eux, devraient avoir plus facilement accès à un garage du fait de leur éloignement : 80% d'entre eux devraient avoir accès à un point de charge à domicile (qu'il soit partagé ou non).

Cet accès à un point de charge à domicile étant un facteur clé du choix du véhicule électrique, les frontaliers devraient être une cible non négligeable du véhicule électrique.

Selon les différentes parties prenantes interrogées, environ 90% des charges devraient avoir lieu au domicile ou chez l'employeur. 10% des charges devraient donc être réalisées en dehors des emplacements privés, c'est-à-dire sur des emplacements publics (voirie, parkings publics) ou des emplacements privés ouverts au public (stations-services, parking de centre commercial, parking d'hôtel/restaurant...).

18 Estimation Schwartz and Co sur la base d'une compilation de données

17 Source : Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

19 Source : Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?

20 Source : Source : Vivre au Luxembourg, CEPS INSTEAD, Chroniques de l'enquête PSELL-3/2007, N°53-Mars 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ?



Toutes les parties prenantes soulignent la nécessité d'une infrastructure publique, notamment pour rassurer l'utilisateur dans le cadre de ses besoins de charge secondaires. Les parties prenantes estiment également que les besoins de charges principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé ne constituent pas une priorité de l'infrastructure publique dans la mesure où ces utilisateurs ne seront pas nécessairement une cible pour le véhicule électrique. **D'une manière générale il est estimé que l'infrastructure publique devra représenter moins de 10% de l'ensemble des points de charge.**

Dans ce cadre, les différentes parties prenantes interrogées considèrent que les emplacements à privilégier pour les emplacements publics au Luxembourg, dans le cas où une infrastructure publique devrait être mise en place sont :

- Les parkings P+R, les parkings de gare du fait de leur caractère intermodal.
- Les autres parkings publics.

Les emplacements sur la voirie sont jugés beaucoup moins prioritaires mais sont nécessaires dans un nombre très limité du fait de leur caractère « visible » et des conséquences « psychologiques » sur l'utilisateur.

Quelques rares parties prenantes soulignent qu'il serait possible de se passer d'une infrastructure publique (pour couvrir les besoins de charge secondaires des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé) en laissant les stations-services (environ 230 stations-services²¹ présentes au Luxembourg) s'équiper de bornes de charge. Certaines parties prenantes évoquent la possibilité d'imposer de manière réglementaire l'installation de bornes de charge dans les stations-services ou de les inciter financièrement.

5.2.2. Bornes

5.2.2.1. Types de charge

²¹ Source : données 2006, Groupement Pétrolier Luxembourgeois



Au bilan, les entretiens menés avec les différentes parties prenantes conduisent à associer les types de charge suivants aux différents types d'emplacements en fonction des durées de stationnement :


Catégorie d'emplacement	Emplacement	Importance de l'emplacement pour la catégorie	Type de charge préconisée
Privé	Domicile	Haute	Normale
	Employeur	Haute	Normale (sauf certaines flottes de véhicules)
Public	P+R	Haute	Normale
	Parking de gare	Haute	Normale
	Autres parking publics	Moyenne	Normale ou Accélérée
	Voirie	Faible	Normale ou Accélérée
Privé ouvert au public	Parking de centre commercial	Moyenne-haute	Accélérée
	Restaurant	Faible	Accélérée
	Hôtel	Faible	Normale
	Station-service	Moyenne-haute	Rapide

Pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare, quelques rares parties prenantes considèrent qu'il est tout à fait possible d'installer des bornes de charge normale alors que la durée de stationnement ne permet pas *a priori* de charger complètement la batterie. Cette vision est justifiée selon elles par le fait que l'infrastructure publique n'est là que pour rassurer l'utilisateur et sera utilisée pour des besoins ponctuels. De plus les acteurs estiment que les utilisateurs pourront se contenter d'une charge partielle : leur batterie n'étant pas forcément totalement déchargée initialement et parce qu'il leur sera toujours possible de passer dans une station-service possédant une borne de charge rapide si besoin.

Plusieurs parties prenantes, dont des constructeurs automobiles et des fournisseurs d'électricité, soulignent la nécessité d'installer une Wall-Box au domicile des utilisateurs de véhicule électrique qui souhaiteront recharger leur véhicule chez eux. Les raisons mises en avant concernent avant tout la sécurité de la charge, mais certaines parties prenantes soulignent également la possibilité de proposer des services avec une Wall-Box (conditionnement thermique du véhicule par exemple).

Dans ce cadre, quelques rares parties prenantes estiment qu'il faudra mettre en place une visite pour vérifier la qualité de l'installation électrique.

5.2.2.2. Connexion entre le véhicule et la borne



Les parties prenantes soulignent le besoin d'une standardisation concernant le type de prise coté infrastructure et estiment qu'il faudra définir une solution permettant à tous les utilisateurs, y compris les frontaliers, de pouvoir connecter leurs câbles aux bornes.

5.2.2.3. Communication entre le véhicule et la borne

Les parties prenantes n'ont pas d'avis tranché sur le sujet de la communication entre le véhicule et la borne.

5.2.2.4. Moyen de paiement

Les parties prenantes partagent une vision commune sur le fait que le paiement doit être simple. En particulier, les constructeurs automobiles craignent qu'un système de paiement trop complexe ne vienne freiner le développement du véhicule électrique.

Un consensus se dégage autour d'un système de paiement par identification à l'aide d'un badge RFID permettant à la borne de vérifier la liste d'utilisateurs autorisés et de lancer la charge le cas échéant. A ce stade certains acteurs estiment que la solution la plus simple consiste en un système de badge RFID prépayé, puisqu'il n'y a pas de facture à émettre, d'autres estiment qu'il est plus opportun de mettre en place un système avec débit sur un compte utilisateur (facturation *a posteriori* dans le cadre d'un abonnement auprès d'un fournisseur d'électricité ou non).


Certaines parties-prenantes estiment que le paiement par carte bancaire constitue également une solution intéressante étant donné que ce moyen de paiement est très répandu.

Un seul acteur envisage des moyens de paiement de type NFC, *contactless* ou par application sur Smartphone (ces moyens de paiement n'existant pas encore de manière crédible d'un point de vue commercial).

Il ressort également que le système de paiement doit être le même pour toutes les installations publiques afin d'éviter la multiplication des moyens de paiement et qu'il permette d'accéder à d'autres fonctions : carte de fidélité, carte de transport en commun. L'association avec la carte E-Go est apparue comme un point important notamment dans le cadre de l'intermodalité. Certaines parties prenantes soulignent même qu'il serait opportun que le moyen de paiement soit également le même pour les infrastructures privées ouvertes au public.

Cette ouverture du système de paiement à tous les utilisateurs nécessitent soit de n'avoir qu'un seul badge au niveau national, soit une liste commune des utilisateurs autorisés, soit des transferts de liste d'utilisateurs entre les exploitants.

Les parties prenantes sont également d'avis que le système de paiement doit être ouvert à tous les utilisateurs qu'ils soient des utilisateurs occasionnels ou frontaliers. Des systèmes de



paiement par SMS, par carte prépayée ou par une application spécifique sur smartphone ont été évoqués par plusieurs participants.

5.2.2.5.Fonctionnalités

Dans le cas où une infrastructure de charge devrait être mise en place, les fonctionnalités qui apparaissent comme nécessaires sont :

- La charge en sécurité.
- Le comptage de l'électricité consommée et la transmission de ces informations à un système de gestion.
- Le paiement par identification avec un badge RFID.
- L'indication de la quantité d'énergie consommée sur la borne.

La très large majorité des parties prenantes estime que les fonctionnalités de réservation de la borne et d'indication de son état sont des fonctionnalités intéressantes mais non nécessaires à court terme. Certaines d'entre elles soulignent que l'indication de la disponibilité de la borne et la possibilité de réserver la borne seront surtout intéressantes au début pour rassurer l'utilisateur.


Le conditionnement thermique du véhicule n'a été mentionné que par un seul acteur comme une autre fonctionnalité intéressante mais non nécessaire.

5.2.2.6.Approvisionnement en électricité de la borne

Certains fournisseurs d'électricité et des GRD considèrent qu'un modèle permettant le choix du fournisseur par le client pour la charge est nécessaire. En termes de mise en œuvre, ces GRD indiquent qu'un système de roaming réalisé par compensation entre fournisseurs (option b décrite au paragraphe 3.2.1.1.2.6) est à privilégier, un système d'allocation dynamique borne-fournisseur ou véhicule-fournisseur par le GRD étant très complexe à implémenter.

Ces acteurs envisagent la création d'une société nationale en charge de la compensation (dans le cadre d'un roaming) entre les fournisseurs et soulignent la nécessité de définir le statut de fournisseur principal, ainsi que les conditions d'affectation d'un fournisseur principal à chaque borne.

D'autres fournisseurs d'électricité, les constructeurs automobiles et certains fournisseurs de solutions estiment que ce type de système est complexe à mettre en place et qu'il est nettement plus simple, surtout dans une première étape, de laisser le choix du fournisseur à chaque exploitant d'une infrastructure de charge. Dans ce cadre, la fourniture d'un service de charge pourrait être interprétée comme un service de fourniture d'électricité. Aussi, conformément à l'article 46 de la loi modifiée du 1^{er} août 2007 relative à l'organisation du marché de l'électricité, l'exploitant devrait être titulaire d'une autorisation de fourniture, délivrée par le Ministre de



l'Economie et du Commerce extérieur au même titre que les fournisseurs « classiques » d'électricité.

Ces acteurs considèrent qu'il y a un « flou juridique » à ce niveau et qu'il conviendrait de le clarifier.

Le dernier aspect concernant l'approvisionnement de l'électricité repose sur sa nature « verte ». En effet, les parties prenantes conviennent que l'électricité approvisionnant une borne doit être « verte » afin de ne pas grever le bilan CO₂ du véhicule électrique. Certaines parties prenantes soulignent la nécessité que cette électricité ne soit pas d'origine nucléaire et produite par le CNPE de Cattenom en particulier

5.2.3. Système de gestion

Dépendant des positions des acteurs au sujet du modèle d'approvisionnement, les parties prenantes présentent des positions différentes au sujet de la nécessité de mettre en place un système de gestion au niveau national. Ainsi, celles qui optent pour un système avec le choix du fournisseur par roaming estiment qu'un tel système est nécessaire, contrairement aux partisans du système sans le choix du fournisseur pour l'utilisateur.


Cependant, il convient de noter que même dans ce dernier cas, l'existence d'un système de gestion au niveau national permettrait de mettre en place un système d'identification et de paiement national qui faciliterait l'accès de tout utilisateur à n'importe quelle borne. Ceci nécessiterait également le déploiement de bornes interopérables avec le système de gestion.

5.3. Modalités de financement

Même si les parties prenantes s'accordent sur le fait que l'utilisateur de l'infrastructure publique ne doit pas payer un prix trop élevé pour la charge au risque de freiner le développement du véhicule électrique, aucun consensus net n'a pu être mis en évidence entre les parties prenantes au sujet des modalités de financement à mettre en place dans le cas où un financement mutualisé serait nécessaire.

En effet, certaines parties-prenantes estiment que l'infrastructure publique pourrait être financée via le tarif d'utilisation des réseaux de distribution d'électricité en intégrant l'infrastructure de charge à la base d'actifs régulés. D'autres soulignent que ce schéma peut faire peser un risque de hausse non contrôlée du tarif et que sa conformité vis-à-vis de la réglementation en vigueur reste à démontrer.

D'autres parties prenantes suggèrent de recourir à un financement par l'Etat, soit via son budget, soit via le fonds Climat-Energie (ex-fond Kyoto). Ce fonds a été créé par la loi modifiée du 23 décembre 2004 créant un fonds de financement des mécanismes de Kyoto et la loi du 17 décembre 2010 concernant le budget des recettes et des dépenses de l'Etat pour l'exercice 2011 a fait évoluer son nom en « fonds Climat et Energie ». Il est alimenté par des dotations



budgétaires annuelles (dont la contribution changement climatique prélevée sur les carburants et la taxe sur les véhicules routiers), le produit de la vente de crédits d'émissions de CO₂ et des dons. Il a pour but de contribuer au financement : des mécanismes de flexibilité créés par le protocole de Kyoto (ainsi que ceux prévus par l'Union Européenne pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre), des mesures nationales afférentes qui sont mises en œuvre en vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et des mesures de promotion des énergies renouvelables. Enfin, il intervient soit par l'achat ou la vente de crédits d'émission de gaz à effet de serre, soit par le financement ou le cofinancement de projets sous la forme d'investissements, de participation financière directe, d'études ou de conseils.

D'autres parties prenantes suggèrent également de mettre en place un mécanisme de compensation avec obligation de service public comme celui existant pour l'électricité d'origine renouvelable. Ce mécanisme est basé sur une contribution prélevée sur l'électricité consommée dont le montant annuel est calculé par l'ILR sur la base des données de recettes et de coûts de l'année précédente.

5.4. Organisation pour l'installation et l'exploitation

Aucun consensus n'a pu être mis en évidence entre les parties prenantes au sujet de l'organisation pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge. En effet, certaines parties prenantes estiment que les gestionnaires de réseaux de distribution d'électricité devraient être en charge de ces tâches alors que d'autres, dont les gestionnaires eux-mêmes, estiment qu'il ne s'agit pas de leur rôle.

Quelques parties prenantes ont estimé qu'il revenait à chaque commune ou chaque GRD d'installer et d'exploiter l'infrastructure publique, toutefois une majorité d'entre elles se sont prononcées en faveur de la mise en place d'un acteur national afin de permettre le déploiement structuré d'une infrastructure homogène sur tout le territoire.

5.5. Aspects réglementaires

Plusieurs aspects réglementaires ont été soulevés par les parties prenantes :

- Il n'y a pas de réglementation spécifique au Luxembourg permettant de dédier les emplacements de charge à des véhicules électriques et d'évacuer les véhicules thermiques stationnant sur ces emplacements (comme cela est réalisé pour les places de stationnement réservées aux personnes handicapées). Les parties prenantes estiment qu'il est nécessaire de légiférer en la matière en instituant la possibilité pour les services de police de faire enlever les véhicules thermiques stationnés sur des emplacements destinés à la charge.
- Il n'y a pas de réglementation autorisant les véhicules électriques à circuler dans les couloirs de bus. Plusieurs parties prenantes jugent qu'une telle réglementation permettrait de favoriser le développement du véhicule électrique.





6. Variantes d'infrastructure de charge pour le Luxembourg

Nous avons défini différentes variantes d'infrastructure de charge envisageables, afin de permettre aux parties prenantes d'effectuer le choix du concept le plus pertinent pour le Luxembourg sur la base des analyses comparatives conduites dans les chapitres suivants.

Ces variantes ont été établies sur la base des tendances internationales, des expériences et initiatives luxembourgeoises et des spécificités du Luxembourg en matière d'électro-mobilité.

Elles sont définies pour chacun des grands thèmes suivants :

- Architecture globale de l'infrastructure.
- Bornes de charge.
- Système de gestion.

6.1. Architecture globale

Trois variantes sont proposées en fonction de la couverture des besoins de charge principaux et secondaires des utilisateurs.

- **Variante 1 : Pas d'infrastructure publique.** Dans cette variante, les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé ne sont pas pris en compte et les besoins de charge secondaires des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé sont couverts par des bornes à installer dans toutes les stations-services luxembourgeoises.
- **Variante 2 : Infrastructure publique ciblée.** Une infrastructure publique permettant de rassurer l'utilisateur ayant accès à un point de charge privé quant à ses besoins de charge secondaires est mise en place dans les emplacements clés : P+R, parkings de gare et autres parkings publics. Quelques bornes (de manière très ponctuelle) sont installées sur la voirie pour renforcer la visibilité de l'infrastructure publique. Dans cette variante, les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé ne sont pas prioritaires, ces utilisateurs pouvant s'orienter vers de futures solutions de car sharing électrique.
- **Variante 3 : Infrastructure publique généralisée.** Dans cette variante, une infrastructure publique couvrant tous les besoins de charge des utilisateurs, qu'ils aient ou non accès à un point de charge privé, est mise en place et couvre les différents emplacements publics (voirie et tous les parkings publics).



Pour ces trois variantes, la question de l'incitation à l'installation de points de charge demeure posée pour les parkings d'entreprise et les emplacements privés ouverts au public (autres que les stations-services dans la variante 1).

6.2. Bornes

6.2.1. Types de charge

Dans la variante 1 d'architecture globale), 3 variantes sont définies en fonction des types de bornes installées dans les stations-service :

- **Variante 1.a** : une borne mixte (permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée) par station.
- **Variante 1.b** : une borne de charge rapide délivrant à la fois du courant continu (DC) et du courant alternatif (AC) par station.
- **Variante 1.c** : une borne mixte et une borne de charge rapide délivrant du courant continu et du courant alternatif par station.

Dans les variantes 2 et 3 d'architecture globale, quatre variantes sont proposées en fonction des types de bornes choisis pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare :

- **Variante 2/3.a** : borne de charge normale pour tous les emplacements publics.
- **Variante 2/3.b** : borne de charge normale pour les P+R et les parkings de gare, de charge accélérée pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare.
- **Variante 2/3.c** : borne de charge normale pour les P+R et les parkings de gare, borne mixte permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare.
- **Variante 2/3.d** : borne de charge normale pour les P+R et les parkings de gare, deux types de bornes (charge normale et charge accélérée) pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare.



6.2.2. Connexion entre le véhicule et la borne

Le véhicule est connecté à la borne par un câble nomade apporté par l'utilisateur (fourni par le constructeur).

Deux variantes sont considérées pour les prises côté borne :

- **Variante 1 :** Prise de Type 2 pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables et prise de type E/F (uniquement pour la charge normale) permettant de s'adapter aux anciens véhicules électriques et à d'autres situations.
- **Variante 2 :** Prise de Type 3 pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables et prise de type E/F (uniquement pour la charge normale) permettant de s'adapter aux anciens véhicules électriques et à d'autres situations.

Les deux variantes permettent une charge en Mode 3.

6.2.3. Communication entre le véhicule et la borne

En absence de standard défini sur ce point, il est proposé que les bornes publiques puissent être adaptées à la mise en place ultérieure d'un protocole de communication.

6.2.4. Moyen de paiement

Deux variantes sont considérées au niveau du paiement sur les bornes publiques :

- **Variante 1 : Badge RFID.** L'utilisateur possède un badge qui lui permet de s'identifier auprès de la borne. Deux types de badges complémentaires sont nécessaires :
 - Un badge avec système de débit sur un compte utilisateur puis facturation *a posteriori*. L'utilisateur se voit attribuer un badge RFID par un gestionnaire d'infrastructure de charge ou par un fournisseur d'électricité (celui de son domicile ou un autre). A chaque utilisation de la borne, le montant relatif à la charge effectuée est débité sur le compte utilisateur existant chez l'opérateur et la facturation est réalisée *a posteriori*.
 - Un badge prépayé que l'utilisateur achète dans un lieu spécifique (bureau de tabac, bureau de poste, centre commercial...) et qui permet aux utilisateurs de passage (dont les frontaliers) d'utiliser l'infrastructure de charge. Une fois le montant sur le badge épuisé, l'utilisateur le fait recharger dans un endroit spécifique (système de la carte E-Go) ou achète un autre badge (système employé dans la téléphonie mobile).

Ce badge quel que soit sa nature devrait donner accès à toutes les bornes de charge publiques du pays (et si possible aux bornes privées accessibles au public), ce qui



nécessite l'identification de tout utilisateur possédant un badge quel que soit l'exploitant de la borne. Pour cela, deux solutions sont envisageables :

- Les exploitants s'échangent de manière automatisée leurs listes d'utilisateurs autorisés, chaque exploitant possédant son propre système de gestion.
 - Une seule liste nationale est établie et chaque borne peut y avoir accès à travers un système national de gestion.
-
- **Variante 2 : Carte bancaire.** L'utilisateur de l'infrastructure publique paie la charge à l'aide de sa carte bancaire. Cela présuppose que les bornes soient équipées en conséquence (lecteur de carte bancaire, système d'échange de données sécurisées...) ce que le marché ne propose pas à l'heure actuelle. Si cette variante était choisie, elle devrait être la même pour toute l'infrastructure publique du pays pour permettre l'existence d'un moyen de paiement homogène sur tout le territoire. Enfin, la carte bancaire étant un moyen de paiement très répandu, cette solution permet *de facto*, l'accès aux utilisateurs de passage (y compris les frontaliers).

6.2.5. Fonctionnalités de la borne

Les fonctionnalités à considérer obligatoirement sont :

- L'identification de l'utilisateur via un badge RFID et la transmission sous-jacente des données à un système de gestion.
- La gestion de la charge du véhicule en toute sécurité.
- Le comptage de l'électricité.
- La transmission des données de comptage à un système de gestion.
- L'indication des données de consommation en kWh sur la borne.
- La transmission des données de paiement à un système de gestion (pour le paiement par carte bancaire).

D'autres fonctionnalités pourront être mises en place à moyen terme, mais sont considérées comme moins prioritaires à l'heure actuelle :

- L'indication des données de tarification sur la borne.
- L'indication de l'état de disponibilité de la borne à distance.
- La réservation de la borne à distance.
- Le conditionnement thermique du véhicule.



6.2.6. Approvisionnement en électricité de la borne


Deux variantes sont proposées au niveau du modèle d'approvisionnement en électricité de la borne. Elles induisent la possibilité ou non de choix du fournisseur par l'utilisateur.

- **Variante 1 : modèle sans le choix du fournisseur pour l'utilisateur.** La borne est approvisionnée par un fournisseur d'électricité choisi par l'exploitant de la borne.
- **Variante 2 : modèle avec le choix du fournisseur** par système de roaming réalisé par compensation entre fournisseurs (les autres options ne sont pas envisagées du fait de leur complexité de mise en œuvre sur la base du retour d'expérience internationale et des inputs des acteurs luxembourgeois). Dans ce cas, l'utilisateur souscrit un contrat avec un fournisseur d'électricité (fournisseur A, celui choisi au domicile ou celui associé à un badge prépayé par exemple). Si l'utilisateur réalise une charge auprès d'une borne alimentée par un fournisseur principal (fournisseur B) différent de son fournisseur (fournisseur A), un mécanisme de compensation entre les fournisseurs permet de reporter la consommation réalisée auprès du fournisseur B sur le fournisseur A. Dans ce modèle, des accords de roaming doivent être conclus entre tous les fournisseurs d'électricité du pays et un organisme national (chambre de compensation) est créé et est en charge du rétablissement des flux entre fournisseurs.

6.3. Système de gestion des bornes publiques

Deux variantes sont considérées :

- **Variante 1 : pas de système de gestion au niveau national.** Plusieurs exploitants de bornes de charge cohabitent chacun avec son propre système. Pour le roaming, ces systèmes doivent communiquer entre eux.
- **Variante 2 : système de gestion au niveau national.** Ce système permet *a minima* de gérer le roaming et le cas échéant un moyen de paiement homogène sur tout le territoire. Il donne la possibilité de partager des listes d'utilisateurs autorisés de manière simple. Dans cette variante, deux options peuvent être considérées :
 - Un système national communiquant avec le système de gestion de chaque exploitant.
 - Un système national communiquant directement avec chacune des bornes.



7. Analyse économique

Une analyse économique des différentes variantes d'infrastructure définies au chapitre 6 est réalisée.

Elle consiste à estimer le nombre de bornes nécessaires, les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et le coût moyen d'une charge sur une borne publique pour chacune des variantes d'architecture globale croisée avec les variantes de type de charge.

7.1. Éléments clés

Sur la base des 3 variantes d'architecture globale, l'analyse économique est réalisée à partir d'une série d'hypothèses portant sur le parc de véhicules électriques et hybrides rechargeables en circulation au Luxembourg sur la période 2012-2020, leur répartition entre les différents utilisateurs en fonction des variantes, la répartition des charges entre les différents emplacements pour ces véhicules, la répartition des types de charges sur les emplacements publics, le coût des différents éléments de l'infrastructure (bornes, système de paiement, système de roaming) et l'utilisation des bornes publiques.

Ces hypothèses conduisent à :

- Une variante 1 (pas d'infrastructure publique et équipement des stations-services) nécessitant entre 2,8 et 14,7M€ pour équiper les 230 stations-service au Luxembourg.
- Une variante 2 (infrastructure publique ciblée) avec le déploiement de 572 à 1 030 bornes pour un investissement de 7,2 à 12,5 M€, les coûts d'exploitation 2020 représentant 0,9 à 1,4 M€.
- Une variante 3 (infrastructure publique généralisée) avec le déploiement de 4 717 à 5 175 bornes pour un investissement de 51,7 à 61,0 M€, les coûts d'exploitation 2020 représentant 5,8 à 6,4 M€.

Cette analyse met également en avant que les différences entre les différentes options de type de charge publique sont minimales.

Le calcul du coût d'une charge sur l'infrastructure publique pour couvrir tous les coûts d'une année ou seulement les coûts d'exploitation implique un coût de la charge pour le véhicule électrique équivalent au coût d'un plein pour un véhicule thermique. Le financement de l'infrastructure publique devra donc être réalisé par une autre voie que celle du paiement direct par l'utilisateur.

7.2. Principes de calcul

L'analyse économique est menée pour chacune des 3 variantes d'architecture globale définies au chapitre précédent, croisées avec les variantes de type de charge. La mise en place d'un système national de gestion permettant le paiement par identification RFID et le roaming sont également considérés dans les variantes 2 et 3.

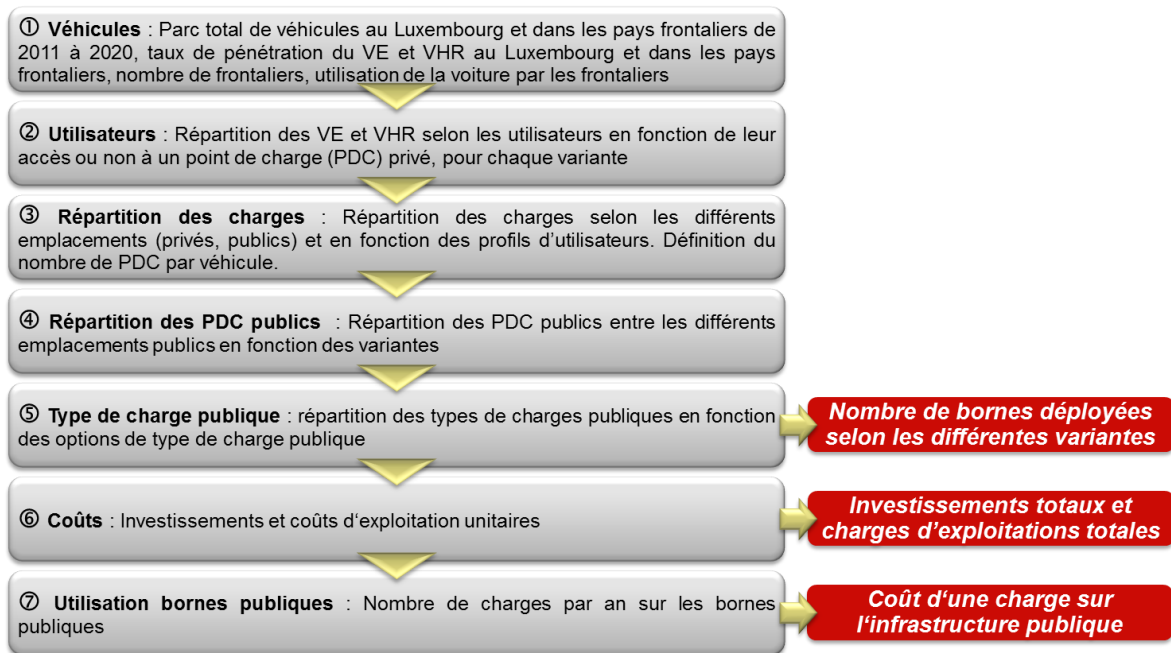
Bien qu'elle ne comprenne pas d'infrastructure publique, la variante 1 est incluse dans l'analyse économique afin de mesurer quel serait l'impact sur les finances publiques, si l'Etat mettait un régime de subvention en place pour promouvoir le déploiement des bornes de charge auprès des stations de service.

Le schéma ci-dessous présente les différentes variantes et options considérées dans l'analyse économique.

Variante 1 : Pas d'infrastructure publique	Variante 2 : Infrastructure publique ciblée	Variante 3 : Infrastructure publique généralisée
<p>1.a</p> <p>1 borne mixte par station</p>	<p>2.a</p> <p>Charge normale pour tous les emplacements publics</p>	<p>3.a</p> <p>Charge normale pour tous les emplacements publics</p>
<p>1.b</p> <p>1 borne de charge rapide DC+AC par station</p>	<p>2.b</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, charge accélérée pour voirie et autres parkings publics</p>	<p>3.b</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, charge accélérée pour voirie et autres parkings publics</p>
<p>1.c</p> <p>1 borne de charge rapide DC+AC et 1 borne mixte par station</p>	<p>2.c</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, borne mixte* pour voirie et autres parkings publics</p>	<p>3.c</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, borne mixte* pour voirie et autres parkings publics</p>
	<p>2.d</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, deux types de bornes (charge normale et charge accélérée) pour voirie et autres parkings publics dans une proportion à définir</p>	<p>3.d</p> <p>Charge normale pour P+R et parkings de gare, deux types de bornes (charge normale et charge accélérée) pour voirie et autres parkings publics dans une proportion à définir</p>

Variantes considérées dans l'analyse économique

Le nombre de bornes et les coûts des différentes variantes sont estimés en 7 étapes sur la base d'une série d'hypothèses comme décrit sur le schéma suivant :



Méthode de calcul

Les hypothèses portent sur le nombre de véhicules, les usages des points de charge par type d'utilisateur et la répartition des points de charge entre les types d'emplacements publics.


Dans un premier temps, le parc de VE et de VHR sur la période 2012-2020 est déterminé année par année pour les résidents et les frontaliers (étape 1), puis ces véhicules sont attribués à des utilisateurs en fonction de leur accès à un point de charge privé ou non pour chacune des variantes (étape 2).

Dans l'étape 3, les charges réalisées par un utilisateur sont réparties sur les différents emplacements en fonction des profils des utilisateurs, profils définis sur la base de la technologie de véhicule (VE ou VHR) du lieu de résidence (résident ou frontalier) de l'accès à un point de charge privé ou non. Le nombre de points de charge par véhicule et le nombre de points de charge par borne sont également définis.

A ce stade, il est possible d'obtenir le nombre total de points de charge (et le nombre de bornes correspondant) déployés sur la période 2012-2020 sur les emplacements privés, publics et privés ouverts au publics en fonction des différentes variantes.

Dans l'étape 4, les points de charge publics sont répartis entre les différents emplacements publics : P+R, parkings de gare, autres parkings publics et voirie et dans l'étape 5, les types de charge sur ces différents emplacements publics sont définis.

Dans l'étape 6, les coûts d'investissement (bornes, système de gestion avec roaming) et les coûts d'exploitation sont calculés année par année et au total sur la période, en euros constants.



Enfin dans l'étape 7, l'utilisation des bornes de charge publiques, en termes de nombre de charges par an sur l'infrastructure publique par utilisateur est calculée, permettant de déterminer ensuite le coût d'une charge sur une borne publique pour couvrir les coûts d'infrastructure.

7.3. Hypothèses

Les hypothèses sont construites à partir des données issues des analyses des chapitres précédents, de données supplémentaires notamment en provenance du STATEC et de cotations de fournisseurs de solutions de charge.

7.3.1. Véhicules

La détermination du nombre de véhicules électriques (VE) et hybrides rechargeables (VHR) en circulation au Luxembourg sur la période 2012-2020 est réalisée en tenant compte séparément des résidents et des frontaliers.

Le nombre de VE et VHR pour les résidents est déterminé à partir :

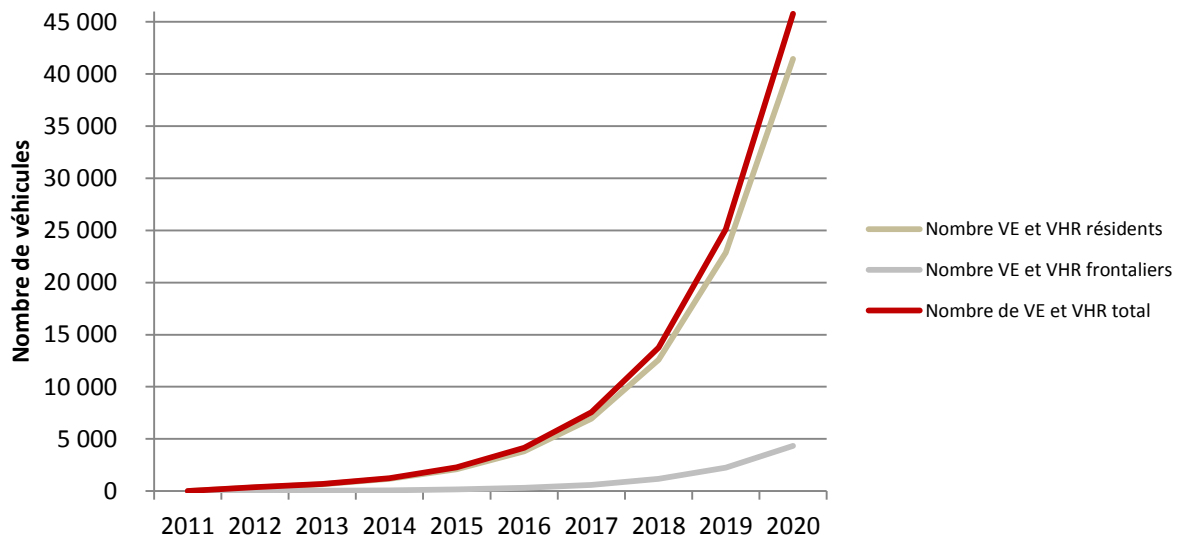
- Du nombre total de voitures du parc luxembourgeois sur la période 2010-2020, obtenu par une prolongation de tendance des statistiques du STATEC sur la période 1998-2009.
- D'une hypothèse de croissance du taux de pénétration du VE et VHR au Luxembourg atteignant 10% en 2020, en conformité avec l'objectif national du Luxembourg. Le taux de pénétration retenue est supposé suivre une évolution de forme exponentielle, comme cela a généralement été constaté dans de nombreux cas de marchés émergents.

Le nombre de VE et VHR des frontaliers est déterminé à partir :

- Du nombre de frontaliers Français, Allemand et Belge, décrit au chapitre « Spécificités et besoins au Luxembourg en matière d'électro-mobilité ».
- Des objectifs de la France (5%) et de l'Allemagne (2,5%) en matière de pénétration du VE et VHR en 2020.
- De la même forme d'évolution du taux de pénétration sur la période 2012-2020 que pour le Luxembourg (exponentielle).
- De la prise en compte de l'utilisation de la voiture par les frontaliers : 89% des frontaliers n'utilisent que leur voiture et 15% d'entre eux pratiquent le co-voiturage.

Pour chacune des deux populations (résidents et frontaliers), la répartition entre les VE et les VHR est supposée constante et égale à 50-50% conformément aux prévisions des constructeurs automobiles. Cette hypothèse n'a pas d'impact sur les coûts d'infrastructure mais sur le coût par charge sur une borne publique.

Le graphique ci-dessous donne l'évolution du nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables en circulation au Luxembourg sur 2012-2020.



Evolution du nombre de véhicules électriques et hybrides rechargeables des résidents et frontaliers au Luxembourg sur 2012-2020

7.3.2. Utilisateurs


Pour chaque variante d'architecture globale, les VE et VHR sont répartis selon les profils des utilisateurs qui les acquièrent. Un profil d'utilisateur est défini par :

- Le type de véhicule (VE ou VHR).
- Le lieu de résidence (résident ou frontalier).
- L'emplacement de stationnement principal (privé ou public).

Dans la variante 2, l'infrastructure publique vise à couvrir les besoins de charge secondaires des utilisateurs de VE et VHR ayant accès à un point de charge privé. Les personnes n'ayant pas accès à un point de charge privé (environ 40% des résidents et 20% des frontaliers) ne devraient donc pas ou peu s'équiper en VE ou VHR.

Il est donc supposé que les utilisateurs du VE et VHR seront à 100% des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé (environ 60% des résidents et 80% des frontaliers).

Dans la variante 3, l'infrastructure publique couvre tous les besoins de charge des utilisateurs de VE et VHR qu'ils aient accès ou non à un point de charge privé (60% des résidents ont accès à un point de charge privé) et cela pour 40 000 VE et VHR en 2020.



Cette infrastructure ne pouvant être déployée d'emblée sur l'ensemble du territoire pour répondre parfaitement aux besoins de charge sur la période 2012-2020, les utilisateurs de VE et de VHR devraient surtout être des personnes ayant accès à un point de charge privé.

De ce fait la répartition 60-40% (résidents ayant accès à un point de charge privé-résidents n'ayant pas accès à un point de charge privé) n'est pas utilisable en l'état.

Il est donc supposé que les utilisateurs des VE et VHR seront :

- Pour les résidents : à 80% des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé et à 20% des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé.
- Pour les frontaliers : à 100% des utilisateurs ayant accès à un point de charge privé.

7.3.3. Répartition des charges

Pour définir la répartition des points de charge entre les différents emplacements, nous définissons la répartition des charges annuelles entre les différents emplacements en fonction des profils des utilisateurs.

Les hypothèses suivantes sont prises concernant la proportion de charges annuelles réalisées sur les différents emplacements :

- Pour les emplacements privés et publics pour la charge principale. Conformément à la vision des parties prenantes, il est considéré que 95% des charges sont des charges principales qui sont réalisées sur un emplacement privé ou public en fonction du lieu de stationnement principal de l'utilisateur.
- Pour les emplacements publics et privés ouverts au public pour la charge secondaire. En considérant une valeur inférieure aux hypothèses retenues en France (~10%) et en Allemagne (~6%) et conformément à la vision des parties prenantes, il est supposé que 5% des charges sont des charges secondaires.

Ces charges secondaires sont réparties entre des emplacements publics et des emplacements privés ouverts au public selon deux hypothèses : une basse et une haute.

L-hypothèse basse correspond à une situation où les acteurs privés accueillant du public (centres commerciaux, stations-service, ...) installent autant de bornes que les acteurs publics pour couvrir les besoins de charge secondaires, éventuellement du fait d'incitations de l'Etat.

Le tableau suivant définit la répartition des charges réalisées durant une année par un utilisateur entre les différents emplacements.



Profils des utilisateurs			Répartition des charges annuelles entre les différents emplacements						Profils à considérer dans la variante...	
Technologie	Type d'utilisateur	Lieu de stationnement principal	Charge principale		Charge secondaire				... 2 : infrastructure publique ciblée	... 3 : infrastructure publique généralisée
			Privé	Public	hypothèse basse		hypothèse haute			
					Public	Privé ouvert au public	Public	Privé ouvert au public		
VE	Résidents	Privé	95%	0%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%	✓	✓
		Public	0%	95%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%		✓
	Frontaliers	Privé	95%	0%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%	✓	✓
		Public	0%	95%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%		
VHR	Résidents	Privé	95%	0%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%	✓	✓
		Public	0%	95%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%		✓
	Frontaliers	Privé	95%	0%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%	✓	✓
		Public	0%	95%	2,5%	2,5%	4,5%	0,5%		

Répartition des charges entre les différents emplacements pour les différents profils

Le nombre de points de charge par véhicule est un autre élément dimensionnant de l'infrastructure. Celui-ci est fixé à 1,05 afin de couvrir les besoins de charge principaux (1 point de charge) et les besoins de charge secondaires (0,05 point de charge²²), à un niveau inférieur à celui retenu pour la France (de l'ordre de 1,1) et l'Allemagne (de l'ordre de 1,06) en cohérence avec l'avis des parties prenantes.

Sur la base des produits existant sur le marché, le nombre de points de charge par borne est fixé à 2.

7.3.4. Répartition des points de charge publics

Afin de prendre en compte les variantes de types de charge sur les bornes publiques, il est d'abord nécessaire de répartir les points de charge publics entre les différents types d'emplacements publics : P+R, parkings de gare, autres parkings publics et voirie en fonction des 3 variantes d'infrastructures.

Le tableau suivant présente cette répartition :

²² Puisque 5% des charges sont des charges secondaires.



Variante d'architecture globale	P+R	Parkings gare	Autres parkings publics	Voirie
1 : Pas d'infrastructure publique	0%	0%	0%	0%
2 : Infrastructure publique ciblée	33%	25%	32%	10%
3 : Infrastructure publique généralisée	5%	3%	20%	72%

Répartition des points de charges publics entre les différents emplacements

Cette répartition a été construite de la manière suivante :

- Le nombre de places de stationnement dans les P+R et les parkings de gare au Luxembourg est connu. On dénombrait ainsi 8 264 places dans les P+R et 6 279 places dans les parkings de gare en 2010²³.
- En l'absence de statistiques officielles, le nombre total de places de stationnement sur les autres parkings publics est extrapolé²⁴ à l'ensemble du territoire à partir des données des villes de Luxembourg (capitale), Esch-sur-Alzette (située au sud) et Ettelbruck (située au nord). Les données relatives à ces 3 villes sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Ville	Nombre de places en P+R ²⁵	Nombre de places sur les parkings de gare ²⁶	Nombre de places sur les autres parkings publics ²⁷
Luxembourg	4253	670	7048
Esch sur Alzette	112	136	3900
Ettelbruck	255	198	1182
TOTAL	4 620	1 004	12 130

Nombre de places de stationnement réparties par type d'emplacement pour les Villes de Luxembourg, Esch-sur-Alzette, et Ettelbruck

- Le nombre de points de charge total au Luxembourg sur ces 3 types d'emplacements (P+R, parkings de gare, autres parkings publics) est ensuite calculé de la manière suivante :
 - Dans la variante 2, l'infrastructure publique cible les besoins de charges secondaires et les P+R, les parkings de gare et les autres parkings publics sont privilégiés vis-à-vis de la voirie. La proportion du nombre de places équipées de

²³ Etude interne 2010 Ministère du développement Durable et des Infrastructures

²⁴ Extrapolation réalisée sur la base de la population (ces 3 villes représentent environ 30% de la population du Luxembourg)

²⁵ Source : sites internet des villes considérées

²⁶ Source : données CFL

²⁷ Source : sites internet des villes considérées



PDC est fixée par hypothèse à 4,5% pour les P+R et les parkings de gare, et à 1,0% pour les autres parkings publics, en cohérence avec la proportion de charges secondaires sur l'infrastructure publique.

- Dans la variante 3, l'infrastructure publique est « généralisée » et couvre les différents emplacements (la voirie devant être très majoritaire). La proportion du nombre de places équipées de points de charge est fixée à 5% pour les P+R, les parkings de gare et les autres parkings publics en cohérence avec la proportion de charges secondaires sur l'infrastructure publique.
- Le nombre de points de charge sur la voirie est alors déterminé comme la différence entre le nombre de points de charge publics total (déterminé sur la base du nombre de véhicules, du nombre de points de charge par véhicule et de la répartition des charges) diminué du nombre de points de charge sur les P+R, les parkings de gare et les autres parkings publics.

Nota : les proportions de places équipées en point de charge retenues ici constituent une première estimation qui nécessitera une étude approfondie des besoins réels pour chaque emplacement.

7.3.5. Types de charge publique

La répartition des types de charge publique sur les différents emplacements est définie dans le tableau suivant conformément à la définition des variantes de type de charge publiques (cf. 7.1)

Variantes types de charge publique	P+R			Parking gare			Autres parkings			Voirie		
	Normale	Accélérée	Mixte	Normale	Accélérée	Mixte	Normale	Accélérée	Mixte	Normale	Accélérée	Mixte
2/3a	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
2/3b	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%
2/3c	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
2/3d	100%	0%	0%	100%	0%	0%	50%	50%	0%	50%	50%	0%

Dans l'option 2/3d, il est supposé une répartition à part égale du nombre de bornes de charge normale et du nombre de bornes de charge accélérée.



7.3.6. Coûts

7.3.6.1. Investissements

Les coûts d'investissement des bornes sont définis pour 4 types de bornes :

- Borne de charge normale.
- Borne de charge accélérée.
- Borne de charge mixte (permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée).
- Borne de charge rapide délivrant du courant continu (DC) et du courant alternatif (AC).

Les tableaux suivants détaillent les hypothèses de coûts retenues pour ces 4 types de bornes en fonction des quantités.

<i>Bornes de charge normale (220 V, 16A)</i>	50 Bornes	500 bornes
Matériel	6100	5700
Engineering	450	450
Génie-civil	2500	2500
Installation	1150	1150
Raccordement	800	800
Autre	150	150
TOTAL	11 150	10 750

<i>Bornes de charge accélérée (400V, 32A)</i>	50 Bornes	500 bornes
Matériel	6100	5700
Engineering	450	450
Génie-civil	3000	3000
Installation	1150	1150
Raccordement	800	800
Autre	150	150
TOTAL	11 650	11 250



<i>Bornes de charge mixte</i>	50 Bornes	500 bornes
Matériel	6500	6100
Engineering	450	450
Génie-civil	3000	3000
Installation	1150	1150
Raccordement	800	800
Autre	150	150
TOTAL	12 050	11 650

<i>Bornes de charge rapide (AC et DC)</i>	50 Bornes	500 bornes
Matériel	43 600	41 600
Engineering	550	550
Génie-civil	4500	4500
Installation	1500	1500
Raccordement	1500	1500
Autre	150	150
TOTAL	51 800	49 800

Ces chiffres proviennent de cotations réalisées par plusieurs fournisseurs de bornes de charge actifs au Luxembourg pour des produits disponibles sur le marché. Le montant pour le raccordement correspond aux tarifs standards de Creos et le montant pour le génie-civil est déterminé pour une distance de 5 mètres.

Le matériel est amorti sur 8 ans, et les autres postes (engineering, génie-civil...) sont amortis sur 20 ans.

Il ressort nettement que la différence de coût entre les bornes de charge normale, les bornes de charge accélérée et les bornes mixtes, est minime.

L'investissement pour le système de gestion concerne la partie roaming. Celui-ci est estimé à environ 1 M€ sur la base des retours d'expérience du projet Ladenetz en Allemagne, aucun produit de ce type n'étant commercialisé. Ce système informatique est amorti sur 5 ans.

Aucun investissement n'a été pris en compte pour le système de gestion pour la partie identification et paiement, les fournisseurs de borne commercialisant le service plutôt que le système.



7.3.6.2. Coûts d'exploitation

Les hypothèses de coûts d'exploitation des bornes, du système de gestion (pour le paiement et le roaming) sont fixées à partir des données fournies principalement par plusieurs parties prenantes :

- Bornes :
 - Coûts de maintenance, réparation et assurance :
 - Environ 230€ par an et par borne pour une infrastructure comptant 500 à 1000 bornes.
 - Environ 200€ par an et par borne pour une infrastructure comptant environ 5000 bornes.
- Système de gestion pour le paiement et l'identification (sous-traité) :
 - Paiement initial : environ 1000€ par borne.
 - Licence annuelle (incluant les frais de communication, la gestion des données) : environ 150€ par an et par borne.
 - Frais hébergement : environ 200€ par an et par borne.
 - Assistance : environ 50€ par an et par borne.

Ces coûts sont valables pour une infrastructure comptant 500 à 1000 bornes. Au-delà, ces coûts diminuent et baissent de 5% pour une infrastructure comptant 5 000 bornes.

- Système de gestion pour le roaming :
 - Gestion du roaming (déploiement, relation avec les fournisseurs...) : 1 ETP, 80 000€ environné.²⁸
 - Gestion des données, communication, hébergement : environ 200€ par an et par borne.²⁹
 - Maintenance : environ 50 000€ par an de prestations informatiques (sur la base d'une hypothèse de 5% de l'investissement par an).³⁰

²⁸ Source : Schwartz & Co

²⁹ Source : Schwartz & Co

³⁰ Source : Schwartz & Co



7.3.7. Utilisation des bornes publiques

Afin de calculer le coût d'une charge sur l'infrastructure publique, le nombre de charges réalisées par an et par utilisateur sur les emplacements publics de charge est déterminé sur la base du nombre annuel de charges par véhicule quel que soit l'emplacement et de la répartition des points de charges et de la répartition des charges définie au paragraphe 7.3.3.

Le nombre de charges par an pour un VE est déterminé sur la base du kilométrage annuel moyen pour un résident (13 000 km) et un frontalier (26 000 km) et de l'autonomie d'un VE (150km). Soit 87 charges par an pour un résident et 173 charges par an pour un frontalier³¹.

Il est supposé que le nombre de charges pour les VHR est le même que pour les VE sur la base du retour d'expérience du projet de la Ville de Strasbourg.

Le tableau suivant récapitule le nombre de charges réalisées sur l'infrastructure publique par an en fonction des profils des utilisateurs. Il distingue les différentes variantes d'infrastructure et les hypothèses hautes et basses de répartition des charges publiques annuelles.

Technologie	Utilisateur	Variante 1 : pas d'infrastructure publique	Variante 2 : infrastructure publique ciblée	Variante 3 : infrastructure publique généralisée
		Nombre de charges par an sur l'infrastructure publique	Nombre de charges par an sur l'infrastructure publique (hypothèse basse/hypothèse haute) ³²	Nombre de charges par an sur l'infrastructure publique (hypothèse basse/hypothèse haute) ³³
VE	Résidents	0	2,1 / 3,7	19,0 / 20,3
	Frontaliers	0	4,2 / 7,5	4,2 / 7,5
VHR	Résidents	0	2,1 / 3,7	19,0 / 20,3
	Frontaliers	0	4,2 / 7,5	4,2 / 7,5

Nombre de charges réalisées par an par utilisateur sur l'infrastructure publique

³¹ Pour le calcul, il est supposé que les charges des véhicules sont complètes. Le nombre de charges sera probablement plus important, mais celles-ci seront alors partielles et la même quantité d'énergie sera consommée.

³² Hypothèse haute et basse portant sur la répartition des charges secondaires entre les charges réalisées sur les emplacements publics et les charges réalisées sur les emplacements privés ouverts au public.

³³ Hypothèse haute et basse portant sur la répartition des charges secondaires entre les charges réalisées sur les emplacements publics et les charges réalisées sur les emplacements privés ouverts au public.



7.4. Résultats

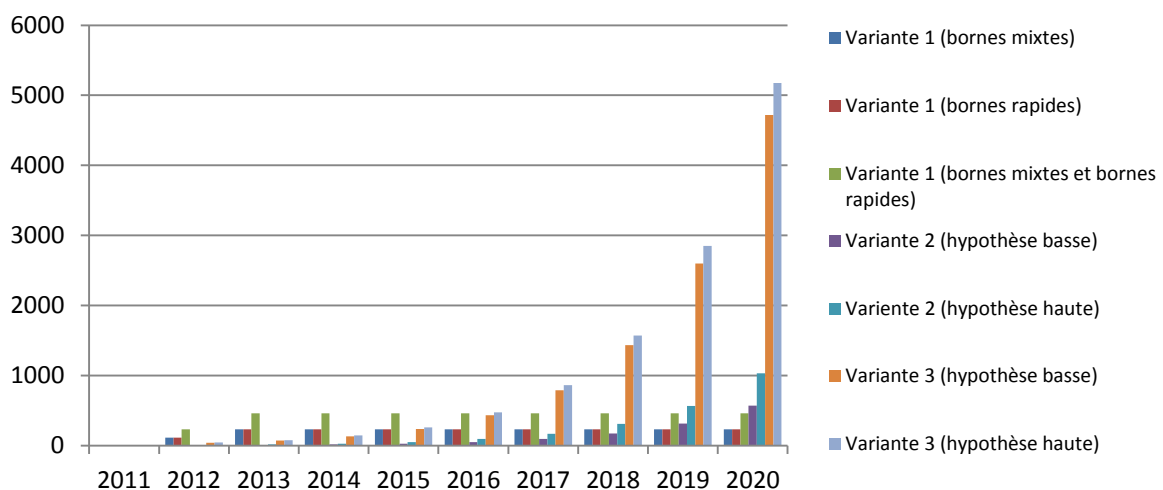
Sur la base des hypothèses présentées au paragraphe précédent, les résultats suivants sont obtenus pour les différentes variantes.

7.4.1. Trajectoire de déploiement

Les bornes sont déployées au fur et à mesure de la pénétration du véhicule électrique et hybride rechargeable pour les variantes 2 et 3 à partir de l'année 2012 (cf. 7.3.1).

Dans le cadre de la variante 1, les bornes sont déployées sur les deux premières années.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution du nombre de bornes déployées année par année en fonction des variantes et des hypothèses haute et basse de répartition des points de charge destinés à la charge secondaire.



Trajectoire de déploiement des bornes selon les différentes variantes

Sur la période 2012-2020, il est déployé au total :

- 230 à 460 bornes dans les stations-services pour la variante 1.
- 572 à 1 030 bornes publiques pour la variante 2.
- 4 717 à 5 175 bornes publiques pour la variante 3.



7.4.2. Coûts

7.4.2.1. Variante 1

Pour la variante 1, les investissements totaux sur la période 2012-2020 varient de 2,8 M€ à 14,7 M€ en fonction des variantes de type de charge considérées.

Variantes type de charge	Nombre de bornes déployées	Montant total de l'investissement	Montant total par station-service
1.a (borne mixte)	230	2,8 M€	12 k€
1.b (borne de charge rapide AC et DC)	230	11,9 M€	52 k€
1.c (borne de charge rapide AC et DC et borne mixte)	460	14,7M€	64 k€

Nombre de bornes et investissements totaux sur 2012-2020 pour la variante 1

Les coûts d'exploitation ne sont pas considérés dans la variante 1, ceux-ci étant supportés par les stations-service elles-mêmes.

7.4.2.2. Variante 2

Pour la variante 2, les investissements totaux sur la période 2012-2020 varient de 7,2 M€ à 12,5 M€ en fonction des variantes de type de charge et des hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3).

Options type de charge publique	Nombre de bornes déployées		Investissements (M€)	
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
2.a	572	1 030	7,2	12,1
2.b			7,3	12,4
2.c			7,4	12,5
2.d			7,2	12,3

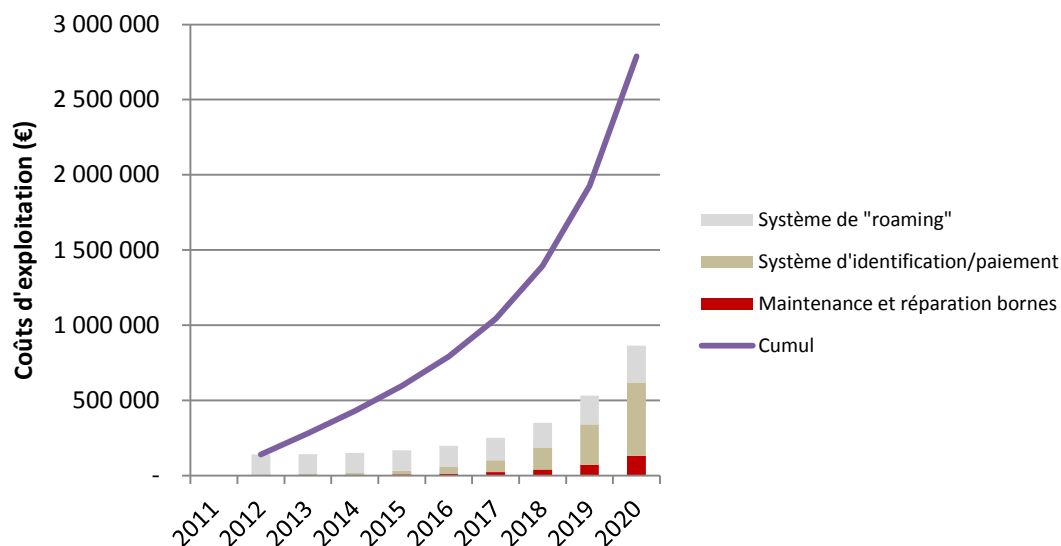
Nombre de bornes et investissements totaux sur 2012-2020 pour la variante 2

L'écart entre les différentes variantes de type de charge est faible, du fait du faible écart entre les coûts des bornes délivrant une charge normale, une charge accélérée ou les deux (cf. 7.3.6).

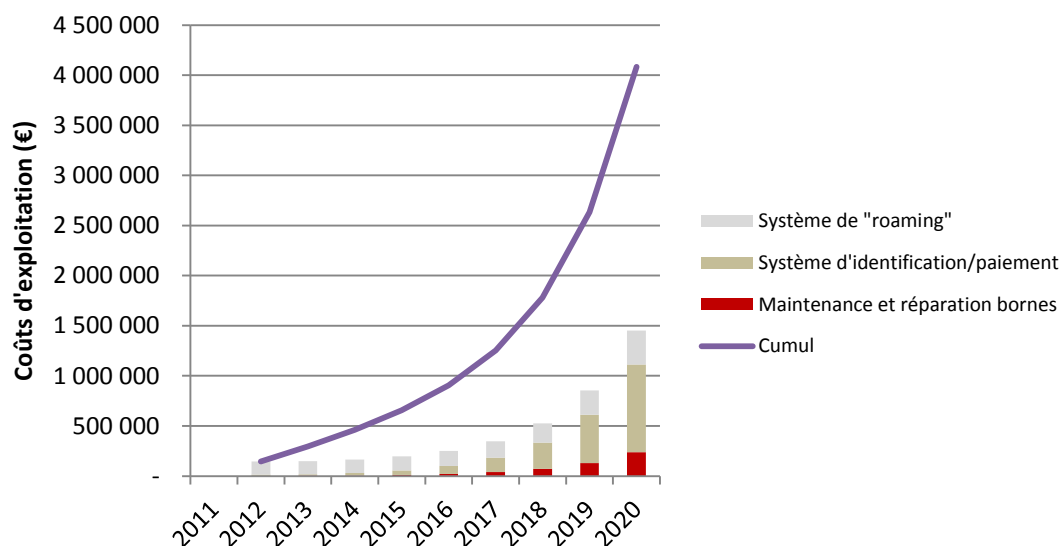


Les coûts d'exploitation sont de 0,9 M€ pour l'hypothèse basse et 1,4 M€ pour l'hypothèse haute en 2020. Le cumul des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 est de 2,8M€ pour l'hypothèse basse et de 4,1M€ pour l'hypothèse haute.

Les deux graphiques suivants présentent l'évolution des coûts d'exploitation détaillés par nature sur la période 2012-2020.



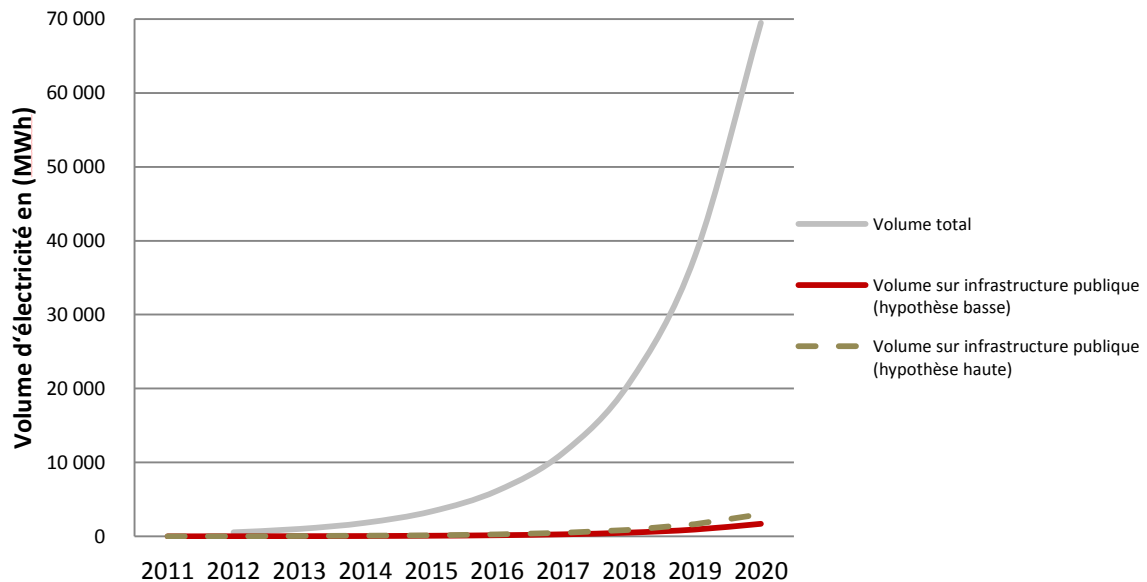
Evolution des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 pour l'hypothèse basse pour la variante 2



Evolution des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 pour l'hypothèse haute pour la variante 2



Dans la variante 2, le volume distribué en 2020 pour la charge sur l'infrastructure publique est de l'ordre de 1,7 GWh (hypothèse basse) à 3,0 GWh (hypothèse haute) pour un volume total dédié à la charge des VE et VHR de 69 GWh³⁴.



Evolution des volumes d'électricité pour la charge des VE et VHR sur la période 2012-2020 pour la variante 2

7.4.2.3. Variante 3

Pour la variante 3, les investissements totaux sur la période 2012-2020 varient de 51,7 M€ à 61,0 M€ en fonction des variantes de type de charge et des hypothèses de répartition des charges secondaires (cf.7.3.3).

Variantes type de charge publique	Nombre de bornes déployées		Investissements (M€)	
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Hypothèse basse	Hypothèse haute
3.a	4 717	5 175	51,7	56,6
3.b			53,9	59,0
3.c			55,6	61,0
3.d			52,8	57,8

Nombre de bornes et investissements totaux 2012-2020 pour la variante 3

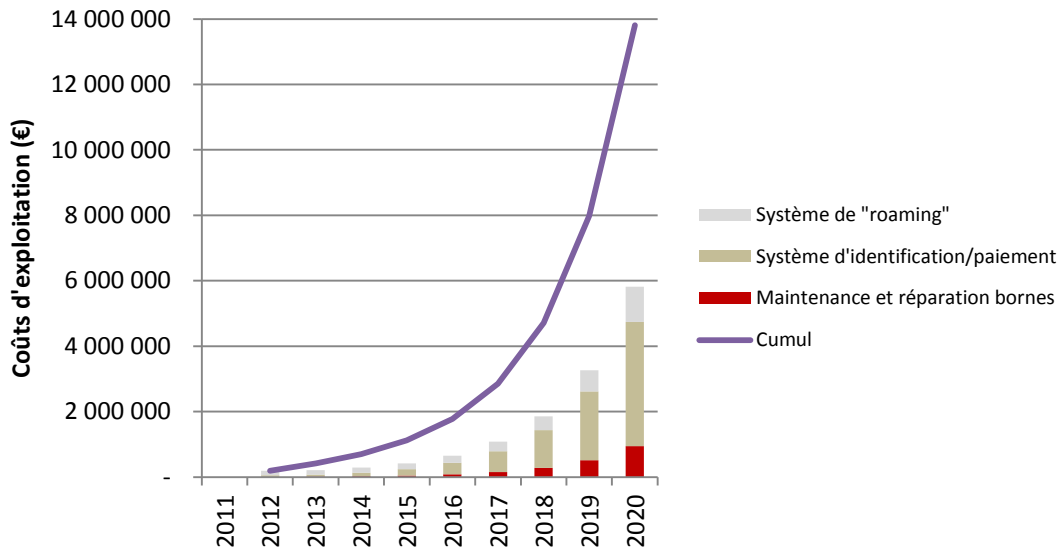
Comme pour la variante 2, l'écart entre les différentes options est faible.

³⁴ Valeur obtenue à partir des hypothèses sur l'évolution du nombre de véhicules et du nombre de charges effectuées par an.

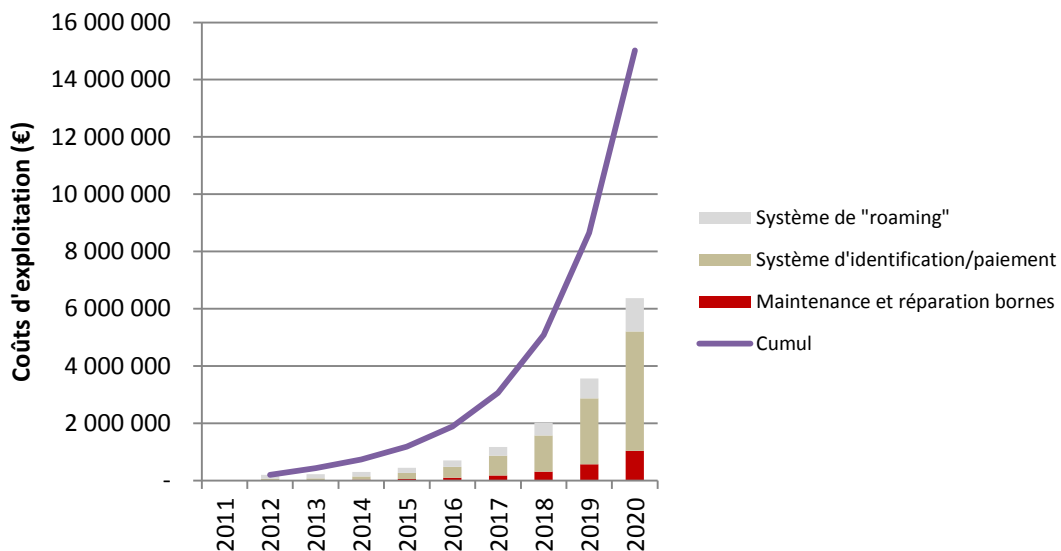


Les coûts d'exploitation en 2020 sont de 5,8 M€ pour l'hypothèse basse et 6,4 M€ pour l'hypothèse haute. Le cumul des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 est de 13,8M€ pour l'hypothèse basse et de 15,0M€ pour l'hypothèse haute.

Les deux graphiques suivants présentent l'évolution des coûts d'exploitation détaillés par nature sur la période 2012-2020.



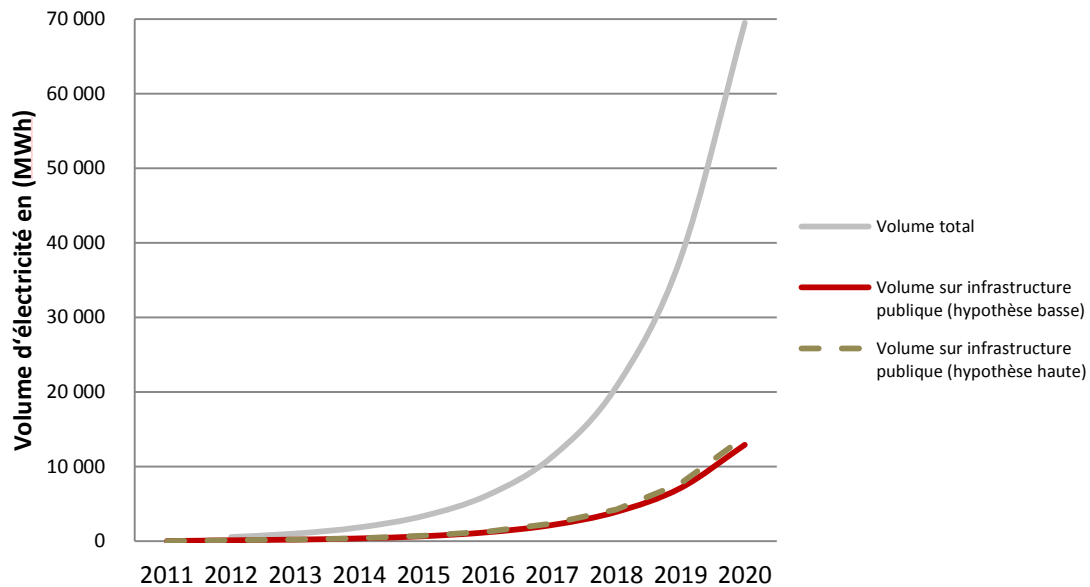
Evolution des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 pour l'hypothèse basse pour la variante 3



Evolution des coûts d'exploitation sur la période 2012-2020 pour l'hypothèse haute pour la variante 3



Dans le cas de la variante 3, le volume distribué en 2020 pour la charge sur l'infrastructure publique est de l'ordre de 12,9 GWh (hypothèse basse) à 14,0 GWh (hypothèse haute) pour un volume total dédié à la charge des VE et VHR de 69 GWh³⁵.



Evolution des volumes d'électricité pour la charge sur la période 2012-2020 pour la variante 3

7.4.3. Coût d'une charge

Le coût d'une charge complète sur l'infrastructure publique hors coût de l'électricité est calculé de façon à couvrir pour une année donnée tous les coûts liés à cette infrastructure (coûts d'exploitation et dotations aux amortissements) ou seulement les coûts d'exploitation. Ce coût est estimé à environ 13€ en 2020 pour couvrir tous les coûts et à environ 7,5€ pour couvrir uniquement les coûts d'exploitation, comme décrit dans le tableau ci-dessous.

<i>Hypothèse sur la répartition des charges secondaires</i>	Variante infrastructure globale			
	Variante 2 (type de charge 2.a)		Variante 3 (type de charge 3.a)	
	Couverture tous les coûts	Couverture coûts d'exploitation	Couverture tous les coûts	Couverture coûts d'exploitation
Hypothèse basse ³⁶	13,3 €	8,2 €	12,8 €	7,2 €
Hypothèse haute ³⁷	13,0 €	7,8 €	13,0 €	7,3 €

Coût d'une charge en 2020 permettant de couvrir tous les coûts d'infrastructure ou uniquement les coûts d'exploitation

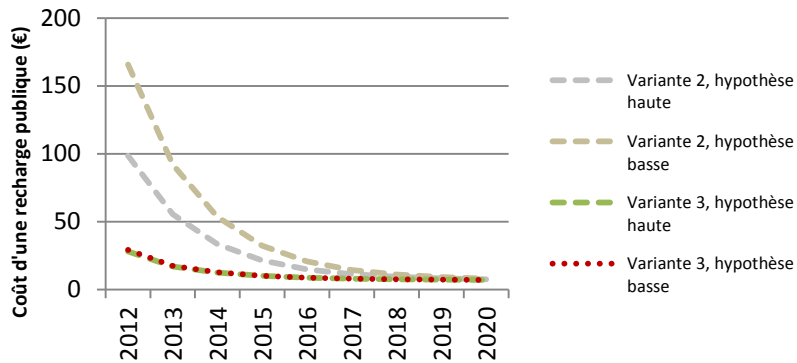
³⁵ Valeur obtenue à partir des hypothèses sur l'évolution du nombre de véhicules et du nombre de charges effectuées par an

³⁶ Hypothèse haute et basse portant sur la répartition des charges secondaires entre les charges réalisées sur les emplacements publics et les charges réalisées sur les emplacements privés ouverts au public.

³⁷ Hypothèse haute et basse portant sur la répartition des charges secondaires entre les charges réalisées sur les emplacements publics et les charges réalisées sur les emplacements privés ouverts au public.

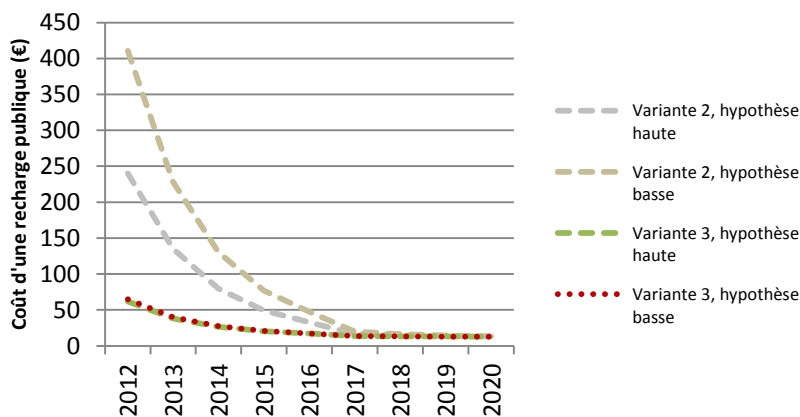


Les coûts par charge ainsi calculés évoluent sur la période 2012-2020 comme présenté dans les deux graphiques suivants :



Moyenne 2012-2020	Variante 2	Variante 3
Hypothèse basse	45,3 €	12,1 €
Hypothèse haute	29,0 €	11,9 €

Evolution du coût d'une charge sur l'infrastructure publique pour couvrir uniquement les coûts d'exploitation



Moyenne 2012-2020	Variante 2	Variante 3
Hypothèse basse	106,5 €	24,8 €
Hypothèse haute	66,1 €	24,1 €

Evolution du coût d'une charge sur l'infrastructure publique pour couvrir tous les coûts

Ces coûts par charge sont du même ordre de grandeur que le coût du carburant d'un petit véhicule thermique pour couvrir la même distance de 150 km, et 7,5 à 13 € plus cher que le coût d'une charge privée, qui est de l'ordre de 1 à 2 €.

Facturer ce coût d'infrastructure aux utilisateurs directs de l'infrastructure publique n'est donc pas envisageable car il serait jugé prohibitif par ceux-ci par rapport au coût de la charge privée et conduirait à une sous-utilisation de l'infrastructure publique, d'où un problème de financement de celle-ci, et un moindre développement du véhicule électrique.

Une autre voie de financement doit donc être trouvée.



8. Modalités de financement

Sur la base des conclusions du chapitre précédent, ce chapitre décrit les différentes modalités envisageables pour le financement public de l'infrastructure publique de charge au Luxembourg. Il donne également un aperçu de l'impact financier de ces différentes variantes.

8.1. Eléments clés

Quatre variantes de financement de l'infrastructure publique ont été identifiées :

- Financement à travers le tarif d'utilisation du réseau de distribution d'électricité.
- Financement à travers un mécanisme de compensation avec une obligation de service public.
- Financement par l'Etat (via le budget ou le fonds Climat et Energie).
- Financement mixte : à travers le tarif d'utilisation et par l'Etat.

Les analyses montrent que les volumes supplémentaires acheminés pour les charges des véhicules électriques font plus que compenser les coûts additionnels générés dans la variante 2, permettant une baisse du tarif unitaire d'utilisation du réseau à l'horizon 2020 tandis que la variante 3 conduirait à une hausse notable du tarif unitaire.

Les analyses montrent également que dans le cas d'un financement par une contribution (mécanisme de compensation) ou par le Budget de l'Etat (avec possibilité de refinancement via une taxe ou accise) , une assiette large permettrait de rendre quasiment indolore la mise en place et l'exploitation d'une infrastructure publique de charge au Luxembourg.

8.2. Description des variantes de financement

Sur la base des échanges avec les parties prenantes, quatre variantes principales sont envisageables pour le financement public de l'infrastructure publique de charge au Luxembourg :

- **Variante 1 : Financement à l'aide du tarif d'utilisation BT (basse tension) du réseau de distribution d'électricité.**
 - L'infrastructure publique de charge est intégrée au réseau de distribution et les coûts relatifs à l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique (dotations aux amortissements, coûts d'exploitation, rémunération de la base d'actifs régulés) sont couverts par le tarif d'utilisation du réseau (basse tension).
 - Dans ce cadre, il convient de clarifier la conformité vis-à-vis de la réglementation européenne au sujet des subventions croisées. En cas de conformité, il sera probablement nécessaire de légiférer et d'adapter le Règlement E09/03/ILR du 2 février 2009 fixant les méthodes de détermination



des tarifs d'utilisation des réseaux de transport, de distribution et industriel et des services accessoires à l'utilisation des réseaux.

- Il convient également de s'assurer que le tarif d'utilisation du réseau n'augmentera pas ou dans des limites acceptables par la suite du fait de l'intégration non prévue de coûts additionnels.
- **Variante 2 : Financement à travers un mécanisme de compensation avec une obligation de service public**
 - L'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge deviennent une obligation de service public financée par un mécanisme de compensation comme prévu par la loi modifiée du 1^{er} août 2007 relative à l'organisation du marché de l'électricité (article 7). Ce mécanisme met en place un fonds alimenté par une contribution.
 - Chaque année, une contribution prélevée sur la consommation d'électricité est calculée sur la base des recettes collectées et des coûts engagés sur l'année précédente.
 - Un mécanisme similaire au mécanisme existant pour l'électricité d'origine renouvelable pourrait être mis en place pour l'infrastructure de charge publique ou être inclus directement dans ce dernier.
 - La contribution doit être portée par tous les consommateurs d'électricité quelle que soit leur catégorie (A, B ou C³⁸), sans quoi l'exonération de certains clients serait considérée comme une aide d'Etat et entraînerait un blocage de la part de la commission européenne. Cela n'empêche toutefois pas de mettre en place de clés de répartition ou des plafonds afin de limiter le montant de la contribution pour une catégorie donnée (cas de la catégorie C pour le mécanisme de compensation portant sur l'électricité d'origine renouvelable).
 - Ce mécanisme nécessite de légiférer sur la mise en place d'une obligation de service public pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique et au sujet des modalités de mise en œuvre du mécanisme, dont son intégration dans le mécanisme de compensation pour l'électricité renouvelable le cas échéant.
 - Si les gestionnaires de réseau de distribution sont en charge de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure publique, ce mécanisme impose de mettre en place une comptabilité séparée pour ces activités conformément à la réglementation européenne et luxembourgeoise.

³⁸ La catégorie A comprend les consommateurs affichant une consommation annuelle inférieure ou égale à 25.000kWh, tandis que la catégorie B regroupe ceux dont la consommation est supérieure à 25.000kWh et qui n'appartiennent pas à la catégorie C. La catégorie C regroupe les consommateurs qui affichent une consommation annuelle supérieure à 25.000kWh utilisée principalement pour la réduction chimique et l'électrolyse ainsi que dans les procédés métallurgiques.



- **Variante 3 : Financement par l'Etat**

Deux options sont envisageables à ce niveau : le recours au budget de l'Etat ou le recours au fonds Climat et Energie.

- Recours au budget :

- L'Etat finance, à travers son budget, l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge. Ces dépenses additionnelles peuvent être équilibrées par des recettes provenant d'une taxe ou accise (sur les carburants, voitures...) que l'Etat devra mettre en place, sans que le montant collecté ne soit affecté directement au financement de l'infrastructure publique.
- Cette taxe ou accise peut être intégrée dans une taxe ou accise existante. Elle peut aussi s'insérer dans le mécanisme de subvention à l'achat d'un véhicule électrique (subvention de 3 000€) en réduction du montant versé.
- Cette voie nécessite de légiférer dans le cadre de la loi budgétaire annuelle pour adapter une taxe ou accise existante.

- Recours au fonds Climat et Energie :

- L'Etat peut aussi financer l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge à travers le fonds Climat et Energie (ex-fonds Kyoto). Ces dépenses additionnelles peuvent être équilibrées par des recettes provenant d'une taxe ou accise (sur les carburants, les voitures...).
- Cette voie ne nécessite pas, a priori, de modifier la législation concernant ce fonds et son utilisation.

- **Variante 4 : Financement mixte.** L'infrastructure publique de charge est financée à la fois via le tarif d'utilisation des réseaux de distribution d'électricité et par l'Etat (via le budget ou le fonds Climat et Energie).



8.3. Impact financier des variantes

Afin de mesurer concrètement l'effet des différentes variantes envisagées pour le financement de l'infrastructure publique, l'impact sur le tarif d'utilisation du réseau ainsi que des ordres de grandeur des taxes ou contributions nécessaires ont été calculés.

L'impact financier des variantes pour le client final a également été calculé.

8.3.1. Méthodologie

8.3.1.1. Tarif d'utilisation

Le calcul du tarif d'utilisation des réseaux de distribution intègre :

- Les coûts supplémentaires relatifs à l'infrastructure publique de charge dans le cas d'un financement par le tarif d'utilisation. Aucun coût supplémentaire n'est considéré pour les autres modes de financement (mécanisme de compensation, financement par l'Etat). Aucun coût pour le renforcement des réseaux n'est considéré conformément à la vision des parties prenantes (la mise en place de bornes de charge normale et de quelques bornes de charge accélérée ne nécessitera pas de renforcer le réseau³⁹).
- Tout le volume distribué pour la charge des VE et VHR quel que soit le point de charge utilisé (privé ou public). Nous considérons ici que l'infrastructure publique permet le développement du véhicule électrique et hybride rechargeable et donc la distribution d'un volume supplémentaire d'électricité dû à la charge de ces véhicules. C'est pourquoi tout le volume distribué pour la charge des VE et VHR est intégré au calcul et non uniquement le volume distribué pour la charge des VE et VHR sur l'infrastructure publique.

Sur la base des résultats obtenus au chapitre 7, l'impact sur le tarif d'utilisation du secteur résidentiel (réseau basse tension) est calculé pour les variantes d'architecture globale 2 et 3 et pour les différentes variantes de financement.

Afin de mesurer l'impact pour le client final, une consommation moyenne d'électricité de 4MWh a été considérée.

8.3.1.2. Taxes ou contributions

Dans le cas d'un financement par l'Etat ou par un mécanisme de compensation, plusieurs voies ont été envisagées pour les variantes d'architecture globale 2 et 3 afin de calculer l'ordre de grandeur des taxes/accises ou contributions à mettre en place :

- Taxe liée à la possession d'un véhicule : payée tous les ans, elle peut concerner seulement les possesseurs de VE et de VHR qui sont les utilisateurs légitimes de l'infrastructure publique ou tous les possesseurs de voitures thermiques dans le but de

³⁹ Aucune borne de charge rapide n'est prévue dans l'infrastructure publique dans les variantes 2 et 3 d'architecture globale.



les faire évoluer vers les VE et VHR et ceci selon le principe « pollueur-payeur ». Cette taxe pourrait aussi être prélevée d'un coup en versant une subvention moindre pour l'achat d'un véhicule électrique.

- Utilisation d'une taxe ou contribution sur la consommation d'électricité⁴⁰. Elle peut porter sur :
 - Tous les consommateurs d'électricité au Luxembourg.
 - Uniquement le secteur résidentiel.
 - Uniquement sur l'électricité consommée pour la charge des VE et VHR. Dans ce cas, il est nécessaire de pouvoir mesurer l'électricité consommée à domicile pour la charge des VE et VHR. Cela ne pourra pas être réalisé avant la mise en place du comptage intelligent, c'est-à-dire vers 2020.
- Utilisation d'une accise sur les carburants classiques (essence et gasoil). Elle est payée par toutes les personnes réalisant un plein de carburant au Luxembourg. Seule cette accise permet de faire contribuer les frontaliers au financement de l'infrastructure publique alors que le dimensionnement de l'infrastructure publique a pris en compte leurs besoins.

Afin de mesurer l'impact pour le client final, une consommation moyenne d'électricité de 4MWh a été considérée.

Les modèles de financement décrits ci-dessus doivent encore être soumis à une analyse juridique approfondie par les Services de l'Etat et l'ILR afin de vérifier leur faisabilité vis-à-vis à la législation en vigueur.

⁴⁰ La contribution mise en place dans le cadre d'un mécanisme de compensation ne pourrait porter que sur l'ensemble des consommateurs afin de ne pas être considérée comme une aide d'Etat (cf. 8.2).
La taxe électricité, telle que prévue à l'article 66 de la loi modifiée du 1^{er} août 2007 relative à l'organisation du marché de l'électricité, est portée par tous les clients finals. Elle est divisée en 3 catégories de consommations.



8.3.2. Résultats

8.3.2.1. Financement via le tarif d'utilisation

En intégrant tout le volume d'électricité utilisé pour la charge des VE et VHR, l'impact sur le tarif unitaire est positif dans le cas de la variante 2 d'architecture globale (de -3,1 à -1,8% en 2020 en fonction des hypothèses de répartition de la charge secondaire) étant donné que le volume supplémentaire vient plus que compenser les coûts supplémentaires provenant de la mise en place et de l'exploitation de l'infrastructure publique de charge.

Aucune taxe ou contribution n'étant mise en place dans ce cas, l'impact pour le client final est seulement dû à la variation du tarif d'utilisation du réseau de distribution d'électricité.

Variante	Impact moyen 2012-2020 (hypothèse basse/hypothèse haute ⁴¹)	Impact 2012 (hypothèse basse/hypothèse haute)	Impact 2020 (hypothèse basse/hypothèse haute)
2	-0,5%/-0,2%	0,5%/0,5%	-3,1%/-1,8%
3	2,6%/3,0%	0,6%/0,6%	9,2%/10,6%

Impact sur le tarif d'utilisation BT⁴²

L'impact sur la facture d'électricité du client final est positif pour la variante 2 d'architecture globale comme indiqué dans le tableau suivant :

Variante	Impact 2020 pour une consommation de 4MWh/an (hypothèse basse/hypothèse haute) ⁴³
2	-8,6 / -4,8 €/an
3	24,6 / 28,3 €/an

Impact sur la facture d'électricité du client final en 2020

⁴¹ Hypothèses sur la répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)

⁴² Le calcul de l'impact sur le tarif a été réalisé en considérant les données suivantes :

- WACC réel : 6,4% (calculé sur la base du WACC nominal de 8,5% et d'une inflation de 2%)
- Volume distribué aux résidents : 1 144GWh en 2012 - 1 282 GWh en 2020 (calculé sur la base du volume distribué par tous les GRD en 2010 : 1 104 GWh et d'un taux de croissance annuel moyen de la consommation de 1,5% sur 2012-2020)
- Nombre de points de consommation : 234 424 (calculé sur la base du nombre de points de tous les GRD en 2010 et d'une hypothèse de constance du nombre de points de consommation sur la période 2012-2020) Tarif : 2€/mois pour la part fixe, et 6,18 c€/kWh pour la part variable (les tarifs des différents GRD étant proches, ceux de Creos sont retenus par simplification)

⁴³Hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)



8.3.2.2. Financement via un mécanisme de compensation

Le tableau ci-dessous donne les ordres de grandeurs de la contribution nécessaire dans le cadre d'un financement par un mécanisme de compensation⁴⁴.

Contributeurs	Variante	Moyenne 2012-2020 (hypothèse basse - hypothèse haute) ⁴⁵	Montant 2012 (hypothèse basse - hypothèse haute)	Montant 2020 (hypothèse basse - hypothèse haute)
Tous les consommateurs	2	0,007 – 0,010 (c€/kWh)	0,004 – 0,005 (c€/kWh)	0,018 – 0,031 (c€/kWh)
	3	0,035 – 0,038 (c€/kWh)	0,006 – 0,006 (c€/kWh)	0,132 – 0,145 (c€/kWh)

Ordre de grandeur de la contribution⁴⁶

L'impact en 2020 sur le tarif d'utilisation des réseaux de distribution (du fait des volumes supplémentaires dû à la charge des véhicules électriques et hybride rechargeables) est de -5%, soit -13,7€ par an pour une consommation de 4MWh.

L'impact sur la facture d'électricité du client final est positif. Cet impact prend en compte à la fois la contribution supplémentaire et l'impact sur le tarif pour une consommation de 4MWh par an.

Contributeurs	Variante	Impact 2020 pour une consommation de 4MWh/an (hypothèse basse / hypothèse haute) ⁴⁷
Tous les consommateurs	2	-13,0 / -12,5 €/an
	3	-8,4 / -7,9 €/an

Impact sur la facture d'électricité du client final en 2020

⁴⁴ Calcul effectué sur la base du volume total d'électricité consommé au Luxembourg (7,8TWh).

⁴⁵ Hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)

⁴⁶ La contribution mise en place dans le cadre d'un mécanisme de compensation ne pourrait porter que sur l'ensemble des consommateurs afin de ne pas être considérée comme une aide d'Etat (cf. 8.2).

⁴⁷ Hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)

8.3.2.3. Financement par l'Etat

Le tableau ci-dessous décrit les ordres de grandeurs des taxes ou accises nécessaires dans le cadre d'un financement par l'Etat (sans que ces taxes soient affectées directement au financement de l'infrastructure publique de charge).

Taxe	Contributeurs	Variante	Moyenne 2012-2020 (hypothèse basse - hypothèse haute) ⁴⁸	Montant 2012 (hypothèse basse - hypothèse haute)	Montant 2020 (hypothèse basse - hypothèse haute)
Taxe liée à la possession d'un véhicule ⁴⁹	Possesseurs de VE et VHR	2	256 - 282 (€/an)	979 - 1 010 (€/an)	34 - 59 (€/an)
		3	479 - 504 (€/an)	1 252 / 1 282 (€/an)	250 - 274 (€/an)
	Possesseurs de voiture thermique	2	1,5 - 2,2 (€/an)	1,0 - 1,0 (€/an)	3,8 - 6,5 (€/an)
		3	7,3 - 8,0 (€/an)	1,3 - 1,3 (€/an)	27,8 - 30,4 (€/an)
Taxe liée à la consommation d'électricité ⁵⁰	Tous les consommateurs	2	0,007 - 0,010 (c€/kWh)	0,004 - 0,005 (c€/kWh)	0,018 - 0,031 (c€/kWh)
		3	0,035 - 0,038 (c€/kWh)	0,006 - 0,006 (c€/kWh)	0,132 - 0,145 (c€/kWh)
	Tout le secteur résidentiel	2	0,044 - 0,063 (c€/kWh)	0,030 - 0,031 (c€/kWh)	0,105 - 0,180(c€/kWh) ⁵¹
		3	0,213 - 0,232 (c€/kWh)	0,038 - 0,039 (c€/kWh)	0,765 - 0,839 (c€/kWh)
	Utilisateurs de VE et VHR (pour leur charge)	2	16,2 - 17,8 (c€/kWh)	62,6 - 64,5 (c€/kWh)	2,0 - 3,5 (c€/kWh)
		3	30,0 - 31,5 (c€/kWh)	80,1 - 81,9 (c€/kWh)	14,9 - 16,3 (c€/kWh)
Accise sur les carburants (essence et gasoil) ⁵²	Personnes réalisant leur plein au Luxembourg	2	0,02 - 0,03 (c€/l)	0,01 - 0,01 (c€/l)	0,06 - 0,09 (c€/l)
		3	0,11 - 0,12 (c€/l)	0,02 - 0,02 (c€/l)	0,40 - 0,44 (c€/l)

Ordre de grandeur des taxes possibles

Il ressort nettement que les taxes à assiette large (taxe sur les carburants classiques, taxe sur tous les consommateurs d'électricité par exemple) sont quasiment indolores.

⁴⁸ Hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)

⁴⁹ Calcul effectué sur la base du nombre de véhicules thermiques et électriques calculés dans le chapitre 7.

⁵⁰ Calcul effectué sur la base du volume total d'électricité consommé au Luxembourg (7,8TWh), du Volume distribué aux résidents : 1 144GWh en 2012 - 1 282 GWh en 2020 (calculé sur la base du volume distribué par tous les GRD en 2010 : 1 104 GWh et d'un taux de croissance annuel moyen de la consommation de 1,5% sur 2012-2020) et du volume utilisé pour la charge des VE et VHR calculé au chapitre 7.

⁵¹ La taxe électricité est actuellement fixée à 0,1c€/kWh pour les clients à consommation <25MWh/a.

⁵² Calcul effectué sur la base des volumes d'essence et de gasoil vendu au Luxembourg et communiqué par le Groupement Pétrolier Luxembourgeois pour l'année 2010.

L'impact en 2020 sur le tarif d'utilisation des réseaux de distribution (du fait des volumes supplémentaires dû à la charge des véhicules électriques et hybride rechargeables) est de -5% soit -13,7€ par an.

L'impact pour le client final est faible et même positif pour les assiettes les plus larges. Cet impact prend en compte à la fois la taxe supplémentaire et l'impact sur le tarif pour une consommation moyenne de 4MWh par an par client final.

Taxe	Contributeurs	Variante	Impact 2020 pour un client final moyen ⁵³ (hypothèse basse/hypothèse haute) ⁵⁴
Taxe liée à la possession d'un véhicule ⁵⁵	Possesseurs de VE et VHR ⁵⁶	2	20,3 / 45,3 €/an
		3	236,3 / 260,3 €/an
	Possesseurs de voiture thermique ⁵⁷	2	-6,1 / -0,7 €/an
		3	41,9 / 47,1 €/an
Taxe liée à la consommation d'électricité ⁵⁸	Tous les consommateurs	2	-13,0 / -12,5 €/an
		3	-8,4 / -7,9 €/an
	Tout le secteur résidentiel	2	-9,5 / -6,5 €/an
		3	16,9 / 19,9 €/an
	Utilisateurs de VE et VHR (pour leur charge)	2	66,3 / 126,3 €/an
		3	582,3 / 638,3 €/an
Accise sur les carburants (essence et gasoil) ⁵⁹	Personnes réalisant leur plein au Luxembourg	2	-13,2 / -13,0 €/an
		3	-10,6 / -10,3 €/an

Impact pour le client final Luxembourgeois

8.3.3. Compléments

Au-delà des coûts relatifs à l'infrastructure publique de charge, d'autres éléments contingents à l'arrivée du véhicule électrique sont également à prendre en compte. En effet, le développement du véhicule électrique et hybride rechargeable va entraîner un manque à gagner pour l'Etat au niveau de la taxe sur les carburants et va permettre de réduire les émissions de CO₂.

⁵³ Hypothèses : consommation d'électricité de 4MWh/an,

⁵⁴ Hypothèses de répartition des charges secondaires (cf. 7.3.3)

⁵⁵ Calcul effectué sur la base du nombre de véhicules thermiques et électriques calculés dans le chapitre 7.

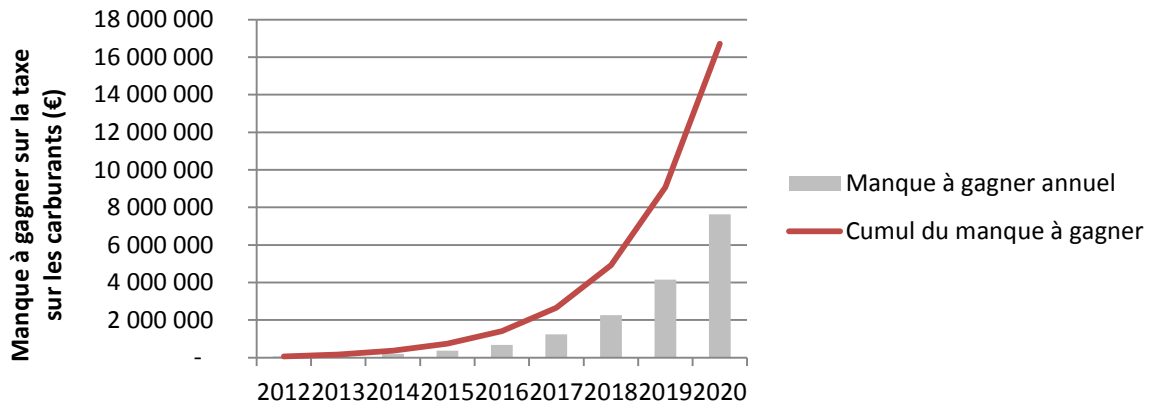
⁵⁶ Hypothèses : possession de 1 VE ou VHR pour le client final.

⁵⁷ Hypothèses : possession de 2 voitures thermiques pour le client final.

⁵⁸ Calcul effectué sur la base du volume total d'électricité consommé au Luxembourg (7,8TWh), du Volume distribué aux résidents : 1 144GWh en 2012 - 1 282 GWh en 2020 (calculé sur la base du volume distribué par tous les GRD en 2010 : 1 104 GWh et d'un taux de croissance annuel moyen de la consommation de 1,5% sur 2012-2020) et du volume utilisé pour la charge des VE et VHR calculé au chapitre 7.

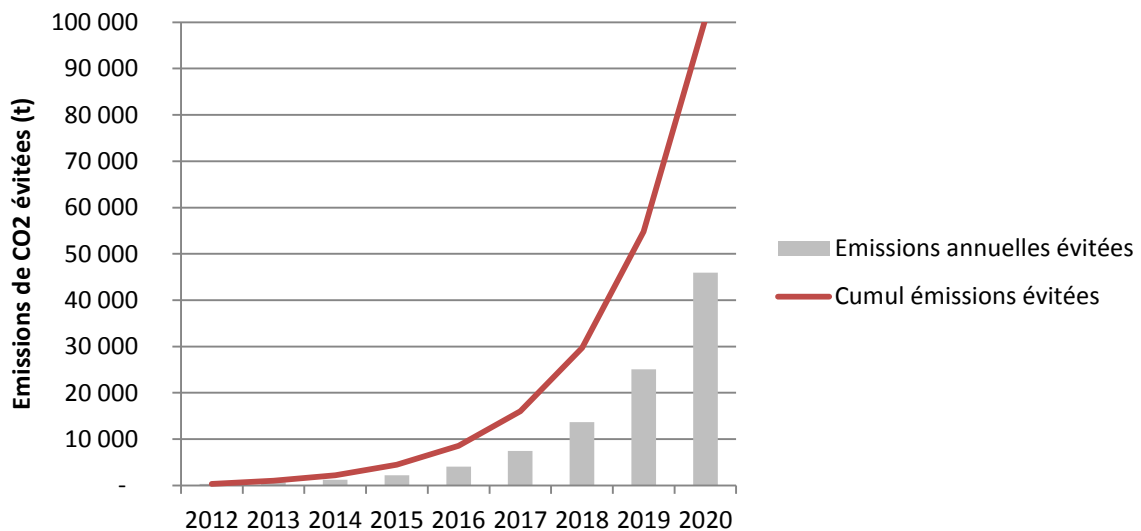
⁵⁹ Calcul effectué sur la base des volumes d'essence et de gasoil vendu au Luxembourg et communiqué par le Groupement Pétrolier Luxembourgeois pour l'année 2010. Hypothèse de la possession par le client final de 2 voitures thermiques consommant 6l/100 km en moyenne et parcourant 13 000km en moyenne par an.

Le graphique suivant présente l'évolution du manque à gagner sur la taxe sur les carburants sur la période 2012-2020. Ce manque à gagner est de l'ordre de 16,7M€ sur cette période et représente environ 7,6M€ en 2020.



Evolution du manque à gagner sur la taxe sur les carburants sur la période 2012-2020⁶⁰

Le graphique suivant présente l'évolution sur la période 2012-2020 des émissions de CO₂ évitées du fait du véhicule électrique et hybride rechargeable.



Evolution sur la période 2012-2020 des émissions de CO₂ évitées du fait du véhicule électrique et hybride rechargeable⁶¹

Le calcul conduit à un cumul de 101 000 tonnes évitées sur la période 2012-2020, soit un gain de 2,0M€ avec une valorisation de l'ordre de 20€/tonne de CO₂.

⁶⁰ Hypothèses : Taxe sur les carburants : 0,39€/l en moyenne pour les véhicules essence et gasoil, consommation moyenne du parc thermique luxembourgeois remplacé par des VE et VHR : 4,5 l/100km et consommation VHR : 3l/100km

⁶¹ Hypothèses : Emissions moyennes des véhicules remplacés par les VE et VHR : 100g/km afin de prendre en compte le fait que les VE devraient remplacer une seconde voiture de type citadine et d'intégrer les progrès réalisés par les constructeurs automobiles sur la période 2012-2020 (pour information moyenne du parc automobile luxembourgeois : 163,9 g/km au 01/01/2011, source MDDI). Emissions VE : 0 g/km et émissions VHR : 59 g/km (données Toyota Prius)



9. Organisation pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure de charge

Ce chapitre a pour objet de décrire les différentes variantes envisageables concernant l'organisation en matière d'installation et d'exploitation de l'infrastructure de charge au Luxembourg.

9.1. Eléments clés

Afin de garantir la mise en place efficace d'une infrastructure publique répondant aux besoins identifiés de manière homogène au niveau national, il est recommandé de confier l'installation et l'exploitation de cette infrastructure à une entité nationale ou de la coordonner au niveau national. Cependant les communes et les GRD doivent être associés aux prises de décisions concernant notamment la localisation des bornes sur leurs territoires.

Dans ce cadre, trois variantes ont été identifiées pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge :

- Installation et exploitation réalisées par les GRD de manière coordonnée, ou par une entité nationale créée par les GRD.
- Installation et exploitation réalisées par une société nationale à capital ouvert à créer, pouvant regrouper l'Etat, les communes, les fournisseurs d'électricité etc.
- Installation et exploitation déléguées à un acteur privé sélectionné par l'Etat par appel d'offres.


Toutes ne sont pas compatibles avec les modes de financement décrits au chapitre 8. Ainsi, le financement à travers le tarif d'utilisation du réseau est exclusivement applicable au cas où les GRD sont en charge de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure publique.

9.2. Variantes identifiées

Jusqu'à présent, l'installation des bornes de charge publiques au Luxembourg a et été réalisée à l'initiative de quelques communes, qui bien qu'elles aient toutes choisie des bornes de charge normale, ont opté pour des solutions différentes en termes de prises (E/F ou CEI 60 309) et de paiement (RFID prépayé ou RFID avec facturation *a posteriori*).

De plus, toutes les communes n'ont pas forcément la volonté politique, ni les ressources pour mettre en place une infrastructure publique de charge de l'étendue requise dans les délais impartis.

Aussi, il est recommandé de confier à une entité nationale la mise en place et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge au Luxembourg ou de la coordonner au niveau national. Cette entité serait ainsi dans une position optimale pour mettre en place et exploiter des bornes



identiques (ou compatibles) sur tout le territoire ainsi qu'un système de gestion national garantissant les mêmes moyens de paiement sur toutes les bornes, et offrant une ouverture plus aisée vers le roaming.

Cette entité serait au service des communes qui auront un rôle clé à jouer pour la localisation des bornes.

Dans ce cadre, 3 variantes ont été identifiées :

- **Variante 1 :** Installation et exploitation réalisées par les GRD de manière coordonnée, ou par une entité nationale créée par les GRD.
 - Sur la base d'un cahier des charges national à établir, les GRD sont chargés de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure publique de charge d'une manière coordonnée sur leur zone de desserte respective (définie par leur concession) ou créent une entité nationale (GIE ou société par exemple) en charge de ces tâches sur l'ensemble du territoire.
 - Tout ou partie des activités concernées peut être sous-traité
 - Cette variante est compatible avec les 4 modes de financement envisagés au chapitre 8.
 - Les GRD (directement ou via l'entité nationale créée) sont cantonnés à un rôle d'exploitant d'infrastructure puisque ceux-ci n'ont pas le droit d'acheter d'électricité en dehors de leurs besoins propres, ni de vendre de l'électricité. De ce fait, dans le cas où il n'y aurait pas de système de roaming, les GRD devraient sélectionner par appel d'offres le fournisseur d'électricité alimentant les bornes et le moyen de paiement devrait permettre un lien direct entre le fournisseur d'électricité et les utilisateurs de l'infrastructure publique (l'utilisation d'un système reposant sur un badge RFID permettrait cela).

- **Variante 2 : Création d'une société nationale à capital ouvert par les acteurs motivés par l'électro-mobilité (Etat, communes, fournisseurs d'électricité...)**
 - Elle est chargée de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure publique de charge d'une manière structurée sur l'ensemble du territoire, sur la base d'un cahier des charges à établir.
 - Cette variante n'est pas compatible avec le financement à travers le tarif d'utilisation du réseau basse tension décrit au chapitre 8.
 - Cette variante nécessite une clarification juridique vis-à-vis de sa conformité avec la réglementation européenne sur la concurrence.



- **Variante 3 : Délégation à une société**
 - L'Etat délègue à une société, choisie par appel d'offres, l'installation et l'exploitation de l'infrastructure de charge du Luxembourg, pour une période donnée (par exemple 20 ans) et dans le cadre d'un cahier des charges précis.
 - La société retenue est alors rémunérée par deux moyens :
 - Principalement à travers une commission facturée à l'Etat pour le service rendu. Cette commission peut être ajustée année par année, d'une part pour inciter la société retenue à gérer efficacement l'infrastructure, d'autre part pour lui garantir une rentabilité raisonnable et contrôler le développement de l'infrastructure.
 - Cette commission est complétée par des commissions minimales prélevées auprès des utilisateurs de l'infrastructure de charge.
 - Cette variante n'est pas compatible avec le financement à travers le tarif d'utilisation du réseau basse tension décrit au chapitre 8.

10. Définition du concept

Sur la base des variantes que nous avons pu faire émerger au chapitre 6 (variantes d'infrastructure pour le Luxembourg), 8 (Modalités de financement) et 9 (Organisation pour l'installation et l'exploitation) et de l'analyse économique du chapitre 7, ce chapitre propose un concept de mise en œuvre de l'électro-mobilité pertinent pour le Luxembourg sur la base d'une analyse des avantages et inconvénients des différentes variantes, les options pour le financement et les modalités d'organisation restant à trancher par l'Etat luxembourgeois.

10.1. Infrastructure

10.1.1. Architecture globale

Les avantages et inconvénients des 3 variantes d'architecture globale considérées précédemment sont les suivants :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Pas d'infrastructure publique	Coûts minimaux pour l'Etat si aucune incitation financière n'est engagée.	<ul style="list-style-type: none"> • Situation qui pourrait être considérée peu rassurante par l'utilisateur (impact psychologique) et ne favorisant pas le développement du véhicule électrique (à pondérer par la possibilité de développer un plan de communication valorisant le déploiement de bornes dans toutes les stations-service du pays) • Risque de tarifs prohibitifs si aucun encadrement • Difficulté potentielle de motiver les groupes pétroliers pour déployer les stations de charge • Choix du fournisseur par l'utilisateur pas nécessairement proposé
2	Infrastructure publique ciblée	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts limités (7,2-12,5 M€ d'investissement et 0,9 à 1,4 M€ de coût d'exploitation en 2020) • Favorise l'adoption du véhicule électrique en rassurant l'utilisateur qui dispose d'un garage ou d'un parking privé • Permet d'évoluer vers la variante 3 ultérieurement tout en limitant les risques dans un premier temps 	Ne couvre pas les besoins de charge principaux des utilisateurs n'ayant pas accès à un point de charge privé
3	Infrastructure publique généralisée	Affichage très volontariste permettant de rassurer tous les utilisateurs et de favoriser une large adoption du véhicule électrique	Coûts importants (51,7 à 61,0 M€ d'investissements et 5,8 à 6,4 M€ de coûts d'exploitation en 2020)

Sur cette base, nous recommandons d'opter pour la variante 2 avec la mise en place d'une infrastructure publique ciblée qui permet d'évoluer ultérieurement vers la variante 3

(infrastructure publique généralisée) si le besoin s'en fait sentir, tout en minimisant les moyens financiers injectés dans le projet dans un premier temps.

Les propriétaires des emplacements privés accueillant du public (dont les stations-services) et les entreprises auront tendance à s'équiper afin d'attirer leur clientèle et de satisfaire les besoins de leurs employés. Aussi, nous suggérons de ne pas inciter financièrement ces acteurs dans un premier temps afin de ne pas alourdir les coûts.

10.1.2. Bornes

10.1.2.1. Types de charge

Les avantages et inconvénients des 4 variantes de types de charge considérées précédemment sont les suivantes :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Charge normale pour tous	Solution la moins onéreuse mais faible différence par rapport aux autres variantes	Ne répond pas à tous les besoins de charge pour la voirie et les autres parkings publics
2	Charge normale pour les P+R et les parkings de gare, charge accélérée pour la voirie et les autres parkings	Charge accélérée cohérente avec durée typique du stationnement sur voirie et autres parkings publics	Solution légèrement plus onéreuse que la variante 1 mais différence très faible
3	Charge normale pour les P+R et les parkings de gare, borne mixte permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée pour la voirie et les autres parkings publics	Solution s'adaptant à tous les cas	Solution légèrement plus onéreuse que la variante 1 mais différence très faible
4	Charge normale pour les P+R et les parkings de gare, deux types de bornes pour la voirie et les autres parkings publics.	Solution s'adaptant à tous les cas	Solution légèrement plus onéreuse que la variante 1 mais différence très faible

Devant la similarité des coûts des différentes variantes de type de charge publique et en considérant les solutions les plus flexibles, nous recommandons d'opter :

- Soit pour la variante 3 : Charge normale pour les P+R et les parkings de gare, borne mixte permettant à la fois la charge normale et la charge accélérée pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare.



- Soit pour la variante 4 : Charge normale pour les P+R et les parkings de gare, deux types de bornes (charge normale et charge accélérée) pour la voirie et les parkings publics autres que les P+R et les parkings de gare.

10.1.2.2. Connexion entre le véhicule et la borne

Sur la base des tendances de normalisations françaises et allemandes, deux variantes ont été proposées au chapitre 6 : l'une est adaptée à la tendance allemande et l'autre à la tendance française. Dans les deux cas, le câble est amovible (et amené par l'utilisateur).

Les avantages et inconvénients de ces 2 variantes sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Prise de Type 2 et prise de type E/F (seulement pour la charge normale)	<ul style="list-style-type: none">• Adapté à la tendance allemande• Conforme à la norme internationale• Permet de s'adapter à d'autres cas avec la prise E/F	La charge n'est pas effectuée en Mode 3 pour la connexion sur la prise E/F
2	Prise de Type 3 et prise de type E/F (seulement pour la charge normale)	<ul style="list-style-type: none">• Adapté au choix français• Conforme à la norme internationale• Permet de s'adapter à d'autres cas avec la prise E/F	La charge n'est pas effectuée en Mode 3 pour la connexion sur la prise E/F

En l'état actuel de la normalisation au niveau européen, nous ne pouvons pas nous prononcer en faveur de l'une ou l'autre des variantes. Nous suggérons donc de suivre l'état d'avancement des discussions à ce sujet et d'orienter le choix en conséquence, ou dans le pire des cas de mettre en place les 2 variantes sur chaque borne.

Si un changement de prise devait être réalisé après le déploiement d'un certain nombre de bornes, le choix d'une infrastructure publique ciblée permettra de limiter les coûts engendrés par cette adaptation.

10.1.2.3. Communication entre le véhicule et la borne

Sur la base des normes existantes et des tendances internationales, nous recommandons d'opter pour une charge en Mode 3 et de choisir des bornes publiques pouvant être adaptées à la mise en place ultérieure d'un protocole de communication entre le véhicule et la borne.

10.1.2.4. Moyen de paiement

Deux variantes de paiement ont été proposées au chapitre 6, l'une basée sur un système RFID, l'autre basée sur un système à carte bancaire. Les avantages et inconvénients de ces 2 variantes sont détaillés dans le tableau ci-après :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Badge RFID (facturation <i>a posteriori</i> + prépayé)	<ul style="list-style-type: none"> • Solution disponible sur le marché, simple, ouverte à tous y inclus utilisateurs occasionnels et frontaliers (badges prépayés) et compatible avec un futur système de roaming • Solution qui permet un couplage avec l'abonnement d'électricité à domicile • Possibilité d'associer le badge avec la carte E-Go (abonnement transports publics) ou d'autres cartes 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour les badges prépayés, nécessite de se rendre dans un lieu spécifique qui peut ne pas être ouvert 24h/24, 7j/7 • Implique des coûts d'exploitation non négligeables (0,5 à 0,9 M€ en 2020) dans le cadre des solutions existants à l'heure actuelle
2	Carte bancaire	<ul style="list-style-type: none"> • Solution très simple pour l'utilisateur, homogène sur tout le territoire et ouverte à tous dont aux utilisateurs occasionnels et aux frontaliers • Moyen de paiement très répandu et déjà utilisé dans les parkings 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de bornes équipées de lecteur CB sur le marché à l'heure actuelle • Paiement de commissions sur les transactions (négociables)

Sur cette base, nous recommandons d'opter pour un système de paiement homogène sur tout le territoire via le badge RFID pour l'instant et d'évaluer en 2012 avec les fournisseurs de bornes et les instances bancaires la faisabilité technico-économique du paiement par carte bancaire.

10.1.2.5. Fonctionnalités de la borne

Sur la base des tendances internationales et des besoins et spécificités du Luxembourg en matière d'électro-mobilité, nous recommandons d'opter pour des bornes présentant les fonctionnalités suivantes dans un premier temps :

- L'identification de l'utilisateur via un badge RFID et la transmission sous-jacente des données à un système de gestion.
- La gestion de la charge du véhicule en toute sécurité.
- Le comptage de l'électricité.
- La transmission des données de comptage à un système de gestion.
- L'indication des données de consommation en kWh sur la borne.
- La transmission des données de paiement à un système de gestion (pour le paiement par carte bancaire).

Nous estimons également qu'il convient de prévoir la mise en place ultérieure d'autres fonctionnalités telles que :

- L'indication des données de tarification sur la borne.
- L'indication de l'état de disponibilité de la borne à distance.
- La réservation de la borne à distance.

10.1.2.6. Approvisionnement en électricité de la borne

Deux variantes ont été proposées au niveau du modèle d'approvisionnement en électricité de la borne induisant la possibilité ou non de choix du fournisseur d'électricité par l'utilisateur.

Les avantages et inconvénients de ces 2 variantes sont détaillés dans le tableau ci-après :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Modèle sans choix du fournisseur par l'utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Simplicité de mise en œuvre : pas de système de roaming • Modèle permettant une ouverture simplifiée à tous les utilisateurs y inclus les frontaliers : pas besoin de solution de paiement spécifique pour les frontaliers 	Ne permet pas le développement d'offre couplée « électricité à domicile + charge publique » utilisable sur toutes les bornes
2	Modèle avec le choix du fournisseur par l'utilisateur	Permet des innovations marketing avec le développement possible d'offres couplées « électricité à domicile + charge publique », potentiellement plus avantageuses, ou et pouvant être associées à d'autres services (transports publics, grande distribution etc.)	<p>Complexité, coûts et délais de mise en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nécessite un système de gestion national pour la compensation entre fournisseurs et entre fournisseurs et exploitants, géré par une entité nationale (chambre de compensation) • Nécessite des accords entre tous les fournisseurs du pays (et les fournisseurs des pays limitrophes si système étendu pour les frontaliers) • Implique des coûts non négligeables (1M€ d'investissement et 0,2 à 0,3 M€ de coûts d'exploitation en 2020)

Sur cette base, nous recommandons la mise en place d'un modèle avec choix du fournisseur. Toutefois, si le système de roaming requis n'est pas prêt au moment de la mise en service des premières bornes, l'infrastructure devra fonctionner pendant une période transitoire sans choix du fournisseur par l'utilisateur. Dans ce cadre, les bornes choisies doivent être rétro-compatibles avec le système de roaming.



10.1.3. Système de gestion et ses fonctionnalités

Deux variantes ont été proposées au chapitre 6 au sujet du système de gestion. Elles se différencient par la mise en place ou non d'un système de gestion au niveau national.

Le tableau suivant présente les avantages et inconvénients de ces 2 variantes :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	Pas de système national de gestion		<ul style="list-style-type: none">• Pas de roaming possible sans fort encadrement des opérateurs de bornes publiques• Entraîne le développement de systèmes isolés potentiellement non compatibles au niveau du paiement (pas de solution homogène sur tout le territoire sans fort encadrement des opérateurs de bornes publiques)• Complexifie la mise en place de services additionnels sur tout le territoire
2	Un système national de gestion	<ul style="list-style-type: none">• Facilite la mise en place d'un roaming• Facilite la mise en place d'un système de paiement homogène sur tout le territoire• Permet la mise en place aisée de services additionnels sur tout le territoire (indication de l'état des bornes par exemple)• Masse critique permettant une réduction des coûts et un service efficient et homogène sur le territoire	Complexité et délais requis pour la mise en place des conditions requises (réglementation, création de l'entité en charge etc.)

Sur cette base, nous recommandons de mettre en place un système national de gestion des bornes publiques.



Celui-ci devra présenter les fonctionnalités suivantes :

- A court terme
 - La gestion de l'identification des utilisateurs et du paiement :
 - Réception des transmissions en provenance des bornes pour l'interrogation de la liste des utilisateurs enregistrés
 - Vérification de la liste et transmission de l'autorisation ou non à la borne
 - Réception des données relative au paiement (consommation, montant payé si paiement par carte bancaire...)
 - La gestion du roaming, dans une deuxième étape :
 - Réception des données de consommation
 - Rétablissement des flux entre les différents fournisseurs

- A moyen terme, le cas échéant : des services additionnels pour les utilisateurs :
 - La possibilité de connaître l'état de la borne (libre ou non) à distance via Internet
 - La possibilité de réserver la borne via Internet
 - ...

10.2. Modalités de financement

4 Variantes ont été proposées au chapitre 8 concernant les modalités de financement de l'infrastructure de charge publique :

- Financement par le tarif d'utilisation des réseaux de distribution.
- Financement par un mécanisme de compensation avec obligation de service public.
- Financement par l'Etat.
- Financement mixte : par le tarif d'utilisation des réseaux de distribution et par l'Etat.

Le tableau suivant dresse les avantages et inconvénients de ces 4 variantes :



Variante		Avantages	Inconvénients
1	Tarif d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place aisée d'un point de vue réglementaire et pratique (si conformité avec la réglementation européenne) Financement calé chaque année sur les coûts réels Permet un financement direct de l'investissement Possibilité de limiter l'assiette aux seuls clients basse tension 	<ul style="list-style-type: none"> Risque de non maîtrise des coûts qui seront intégrés par la suite et donc de dérive du tarif (sauf si régulation très stricte) Risque de générer structurellement des « coûts » supplémentaires via la rémunération du capital Nécessite de vérifier la conformité avec la réglementation européenne au sujet des subventions croisées
2	Mécanisme de compensation avec obligation de service public	<ul style="list-style-type: none"> Permet une adaptation annuelle de la contribution Mécanisme existant déjà au Luxembourg (électricité d'origine renouvelable) et pouvant intégrer le nouveau mécanisme Permet un financement direct par l'Etat de l'investissement Financement « indolore » via une contribution à assiette large 	<ul style="list-style-type: none"> Mécanisme complexe à mettre en œuvre d'un point de vue réglementaire et législatif Problème des aides d'Etat à traiter vis-à-vis de l'UE Impacte les entreprises dont les PME
3	Financement par l'Etat	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité d'un financement direct de l'investissement par le fonds Climat et Energie avec la possibilité d'équilibrer les dépenses par des recettes provenant d'une taxe ou accise sans devoir légiférer (à vérifier juridiquement) Financement direct par le Budget de l'Etat avec refinancement implicite « indolore » via une taxe ou accise à assiette large. Variété dans le choix des contributeurs implicites et possibilité de mettre en place des systèmes « pollueurs payeurs » (accise par exemple sur les carburants) 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite de légiférer dans le cadre de la loi budgétaire annuelle pour adapter une taxe ou accise existante dans le cas d'un financement via le budget Ne permet pas un financement direct de l'investissement dans le cas d'un financement via le budget
4	Financement mixte : Tarif d'utilisation et financement par l'Etat	<ul style="list-style-type: none"> Permet d'éviter le risque de dérive du tarif d'utilisation : le financement de l'Etat peut être calé pour avoir une baisse encore plus importante du tarif dans la variante 2 et dans tous les cas pas de hausse Financement calé chaque année sur les coûts réels Permet un financement direct de l'investissement (selon un mécanisme à définir) 	<p>Nécessite de légiférer dans le cadre de la loi budgétaire annuelle pour adapter une taxe ou accise existante dans le cas du financement via le budget</p>

Le choix du mode de financement devra encore faire l'objet d'analyses supplémentaires au sein des départements concernés de l'Etat.


10.3. Organisation en matière d'installation et d'exploitation

3 variantes ont été proposées au chapitre 9 concernant l'organisation pour l'installation et l'exploitation de l'infrastructure publique de charge :

- Installation et exploitation réalisées par les GRD de manière coordonnée, ou par une entité nationale créée par les GRD.
- Création d'une société nationale à capital ouvert
- Délégation à un acteur privé après appel d'offres

Le tableau suivant dresse les avantages et inconvénients de ces 3 variantes :

Variante		Avantages	Inconvénients
1	GRD de manière coordonnée ou entité nationale créée par les GRD	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible avec tous les modes de financement envisagés • Evite tout risque d'obtenir une infrastructure hétérogène et permet de gérer plus aisément la mise en place et la gestion d'un système national de gestion des bornes via la création d'une entité nationale • Connaissance fine des réseaux et du métier de gestionnaire d'infrastructures par les GRD • Aucun risque sur la pérennité de la société • Facilite la mise en place d'un modèle avec choix du fournisseur 	Risque de surcharge de travail pour les GRD (structures restreintes qui travaillent déjà sur leur activité courante et le futur comptage intelligent)
2	Société nationale à capital ouvert	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'associer les communes et les autres acteurs clés (Etat, fournisseurs...) de manière aisée • Evite tout risque d'obtenir une infrastructure hétérogène et permet de gérer plus aisément la mise en place et la gestion d'un système national de gestion des bornes • Risques limités sur la pérennité de la société 	<ul style="list-style-type: none"> • Problème du financement par l'Etat d'une structure non rentable structurellement (mécanisme à concevoir) • Compatibilité incertaine avec les règles européennes de concurrence
3	Délégation à une société après appel d'offres	<ul style="list-style-type: none"> • Respect des règles européennes de concurrence • Financement par l'Etat à travers un service facturé par la société à l'Etat pour le service rendu • Evite tout risque d'obtenir une infrastructure hétérogène et permet de gérer plus aisément la mise en place et la gestion d'un système national de gestion 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité induite par gestion de la soumission publique et du futur concessionnaire • Risque vis-à-vis de la pérennité du délégataire



Le choix de l'organisation en matière d'installation et d'exploitation devra encore faire l'objet d'analyses supplémentaires au sein des départements concernés de l'Etat.

10.4. Stratégie de mise en œuvre

10.4.1. Timing

Nous recommandons que L'Etat communique aux parties prenantes le plus tôt possible sur le modèle d'infrastructure publique qui sera mis en place, après avoir choisi les modalités de financement et l'organisation en matière d'installation et d'exploitation. Cela permettra en effet :

- D'éviter le développement d'une infrastructure hétéroclite sur le territoire du Grand-Duché.
- D'indiquer clairement les « règles du jeu » aux différents acteurs impliqués.
- De constituer un signal fort de soutien au développement du véhicule électrique.

Sur cette base, il sera nécessaire dans un premier temps et avant de lancer le déploiement de l'infrastructure publique de charge, de raffiner les analyses technico-économiques (notamment compte tenu des incertitudes normatives existantes), de préparer les adaptations législatives et réglementaires éventuelles, puis de rédiger un cahier des charges pour le futur gestionnaire de l'infrastructure.

10.4.2. Rôle possible des acteurs clés

Nous recommandons d'articuler la mise en œuvre autour des 3 acteurs clés suivants :

- L'exploitant de l'infrastructure, qui sera au centre du processus.
- Les communes, qui doivent être associées au processus du fait de leur connaissance de leur territoire et de leur nécessaire autorisation au sujet des travaux à réaliser.
- Les gestionnaires des réseaux de distribution d'électricité (GRD), du fait de leurs connaissances des réseaux et de leur participation aux travaux. Dépendant du choix du modèle d'organisation en matière d'installation et d'exploitation, les GRD peuvent également assumer le rôle d'exploitant de l'infrastructure.

D'une manière plus détaillée, ces 3 types d'acteurs pourraient intervenir de la manière suivante :

- L'exploitant de l'infrastructure publique de charge :
 - Sera en charge de l'installation et de l'exploitation de l'infrastructure sur la base du cahier des charges préparé par l'Etat en collaboration avec les communes, les



GRD et les fournisseurs d'électricité et en concertation avec les autres parties prenantes de l'électro-mobilité.

- Etablira, sur cette base, un plan de déploiement de l'infrastructure publique sur la période 2012-2020 sur l'ensemble du territoire Luxembourgeois, en concertation avec les communes et les GRD.
 - Mettra ce plan de déploiement en œuvre.
-
- Les communes :
 - Participeront à la préparation du cahier des charges.
 - Amenderont et valideront le plan de déploiement de l'infrastructure de charge publique préparé par l'exploitant au sujet des besoins en bornes de charge et de leur localisation sur leur territoire.
 - Donneront leur autorisation pour la réalisation des travaux sur leur territoire
 - Pourront faire des demandes ultérieures pour l'installation d'autres points de charge sur leur territoire.

 - Les GRD :
 - Amenderont et valideront le plan de déploiement de l'infrastructure de charge publique préparé par l'exploitant au regard de l'impact sur les réseaux.
 - Réaliseront les travaux de raccordement au réseau des bornes publiques de charge.