

INFINI DRIVE



Conception d'un "standard" de recharge de véhicules électriques pour les flottes d'entreprises et de collectivités

VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET
INFRASTRUCTURES DE RECHARGE

■ Contexte

L'arrivée du véhicule électrique et le passage à la mobilité électrique constitue un changement de paradigme pour les gestionnaires de flotte, les gestionnaires du réseau de distribution de l'électricité et les utilisateurs.

Le pari d'un développement réussi du véhicule électrique passe notamment par la maîtrise de l'écosystème entourant le véhicule (réseau électrique, bornes de recharge et utilisateurs notamment).

En juillet 2012, un plan gouvernemental dédié à l'automobile a été présenté, incluant dans ses priorités le soutien au déploiement des infrastructures de recharge. Le projet INFINI DRIVE s'inscrit donc dans le prolongement de la politique gouvernementale et de la commande groupée de véhicules électriques qui a permis d'aboutir à une offre de véhicule électrique viable du point de vue technique et économique.

■ Objectifs

Le projet INFINI DRIVE vise à concevoir un standard de dispositif de recharge pour les flottes captives de véhicules électriques. Il met à disposition des entreprises et des collectivités un système intelligent et communiquant entre le véhicule, la borne, le réseau électrique et le système d'information existant, approprié à leur usage et environnement, au-delà des aspects techniques.

L'objectif du projet est donc de sécuriser la disponibilité d'infrastructures de recharge pour une conversion massive de flottes captives au véhicule électrique. Les infrastructures déployées devront couvrir l'ensemble des besoins des exploitants de flotte, notamment les contraintes d'exploitation et la rentabilité économique, tout en faisant le meilleur usage des réseaux et des moyens de production d'électricité.

■ Déroulement

Les tests à grande échelle se déroulent sur douze sites ERDF et La Poste, répartis sur tout le territoire. Ils débuteront mi-2012 et seront effectués sur une centaine de véhicules électriques.

Les expérimentations menées sont réalisées à partir de scénarii de référence qui correspondent à l'utilisation des véhicules électriques de façon équivalente aux véhicules thermiques.

Les tests qui impliquent les utilisateurs, pour diagnostiquer leurs usages et identifier leurs besoins, s'achèveront en 2013.

PROJET ACCOMPAGNÉ
PAR L'ADEME DANS LE
CADRE DU PROGRAMME
VÉHICULE DU FUTUR DES
INVESTISSEMENTS D'AVENIR

Durée : 2 ans
Démarrage : juin 2012
Montant total projet : 9 M€
Dont aide PIA : 3,4 M€
Forme de l'aide PIA :
subventions et avances
remboursables
Localisation :
Nantes (Pays de la Loire)
Grenoble (Rhône Alpes)
Nice (PACA)
Paris (Ile de France)

Coordonnateur



Partenaires



Sites d'expérimentations

■ Résultats attendus

Innovation

Le projet va permettre le développement d'une gestion intelligente de la recharge des véhicules dans le cadre de flottes captives, qui comptent parmi les premiers utilisateurs et acheteurs potentiels de véhicules électriques ou hybrides.

Economique et social

Un bilan de l'expérimentation sera dressé à la fin du projet et permettra la publication d'un livre vert des infrastructures de recharge spécifique aux flottes captives de véhicules électriques, mis à disposition des entreprises et collectivités.

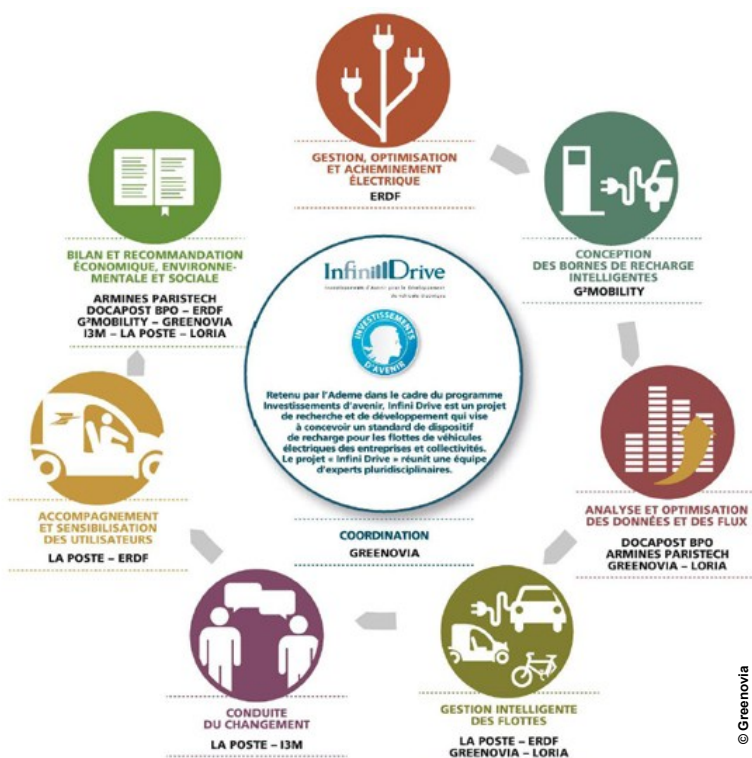
Environnement

Par ses expérimentations au niveau local impliquant les utilisateurs, le projet répond au mieux à leurs besoins et contribue ainsi à favoriser le développement du véhicule électrique.

■ Application et valorisation

A travers la publication d'un « Livre Vert pour les infrastructures de recharge de flottes captives » à la fin du projet, qui a pour objectif de servir de référence aux entreprises et collectivités cherchant à s'équiper en systèmes de recharge, le projet INFINI DRIVE vise précisément à définir un système qui garantisse :

- La performance économique : rentabilité et viabilité économiques (coût total de possession équivalent à un véhicule thermique avec une approche minimaliste des équipements juste adaptés aux besoins) ;
- La performance environnementale : minimisation de l'impact environnemental d'un déploiement d'infrastructures de recharge et de véhicules électriques ;
- La performance d'exploitation : gestion performante et simple des infrastructures et des véhicules (en fonction des usages, du type de véhicule, de l'état du réseau électrique et du service de recharge) ;
- La sécurité des personnes et la fiabilité des moyens ;
- L'acceptation par les utilisateurs : accompagnement des usagers dans l'appropriation des véhicules électriques et des infrastructures de recharge.



Lancement du projet INFINI DRIVE

Contact

Greenovia
01 44 73 83 81
contact@greenovia.fr

Site : www.greenovia.fr

Pour en savoir plus

www.ademe.fr/invest-avenir

Pour un futur [simple] du Véhicule Electrique



Infini|||Drive



Une performance métier / organisation	36
Une performance sociale	39
Une performance économique	45
Une performance environnementale	53
Les configurations techniques en fonction des cas d'usage	66
Les préconisations pour déployer des véhicules électriques	87
Les perspectives pour l'entreprise et la collectivité	111
Conclusion	115

■	Préfaces	6
■	Introduction	8
1	Qu'est-ce qu'Infini Drive ?	12
1.1	Les grands principes	17
1.2	Une variété de territoires, sites et activités	18
1.3	Un système complet mis en place	21
1.4	L'accompagnement des utilisateurs	26
2	Des dispositifs probants et des bilans positifs	28
2.1	Une performance métier / organisation	31
2.2	Une performance sociale	37
2.3	Une performance économique	40
2.4	Une performance environnementale	46
3	Les préconisations pour déployer des véhicules électriques	54
3.1	Préparer le déploiement de véhicules électriques	57
3.2	Dimensionner l'infrastructure	59
3.3	Définir la politique de recharge des véhicules électriques	68
3.4	Améliorer la performance globale du système	75
3.5	Accompagner les salariés et le management	80
4	Les perspectives pour l'entreprise et la collectivité	88
4.1	Le coût du véhicule électrique et des énergies	91
4.2	Le contexte politique	96
4.3	Les nouvelles offres	98
4.4	L'évolution du marché	103
■	Conclusion	112
■	Annexes	116
■	Crédits	162
■	Mentions légales	168

Préfaces

Le temps de la coopération est venu.

Le mieux vivant de notre mobilité est un enjeu collectif qui ne peut se cantonner à l'empirisme et aux petits intérêts de chacun. Au moment où le prix de l'énergie fossile est à la baisse, il est urgent de reconsidérer le paradigme économique qui vise à ériger en juge de paix, le court termisme de nos décisions en matière d'énergie. Le Véhicule Electrique est une solution multi bénéfiques viable aujourd'hui et pour demain, dont la mise en œuvre n'est pas seulement un salut économique, mais une clé de civilisation qui va nous ouvrir les portes de la transition énergétique. L'expérimentation menée par La Poste et ERDF visant à distinguer les meilleures options et recommandations en matière de flotte de véhicules électriques et d'infrastructures de recharge en est la meilleure preuve. Ce partage de savoir est tout entier contenu dans ce livre dont il convient de saluer l'initiative, la rédaction et l'esprit de partage.

Jouer collectif et sur le long terme. L'impact des pollutions liées à la combustion des énergies fossiles a des effets qu'il faut sans cesse reconsidérer. Les grandes agglomérations ne sont plus seules concernées. Et l'époque où les problèmes de transports ne concernaient que quelques villes de France est révolue. Le réchauffement climatique dont les effets insidieux au quotidien sont moins spectaculaires que la fonte de la calotte polaire est un glaive qui menace nos sociétés. Les enjeux de santé publique sont au cœur du débat. Doit-on en arriver à interdire les pratiques sportives lorsque les pics de pollution touchent la vallée de la Seine tout autant que celle de Chamonix, par exemple Les enfants en bas âge et les personnes âgées sont elles condamnées à ne pas sortir alors que l'activité physique est un facteur de bonne santé et un vecteur de socialisation reconnu ? Je ne le pense pas et le spectre de cette société de recommandation ou le principe de précaution érigé en remparts pour masquer l'absence de réelles décisions structurelles ne me plait guère.

Préserver l'échange entre les hommes. L'échange est un élément de civilisation pacificateur entre les peuples. Si la mondialisation est condamnable a bien des points de vues, elle a eu en partie ce mérite de nous préserver des conflits ces dernières décennies. Il faut encourager la libre circulation des personnes, tout comme le commerce mondial et les échanges entre les peuples. Le transport des biens et des personnes ne doit pas être contraint, mais mieux organisé. Le véhicule électrique est une ressource fantastique qui permet d'améliorer la qualité de vie de la Cité et le bien-être de ses habitants. Avec lui, se déplacer en harmonie et dans le respect de l'environnement et de ses semblables est un challenge que nous pouvons gagner. Et il a d'autres vertus. L'irrespect du comportement au volant est un problème que le véhicule électrique par sa capacité à apaiser la conduite peut solutionner. Au delà de l'exemplarité de l'option énergétique, il est flagrant de constater que la conduite d'un véhicule électrique tant par son silence que sa fluidité, donne au conducteur une sérénité sécurisante et apaisante.

On ne règle pas les problèmes avec les modes de pensées qui les ont créés. C'est à partir du pragmatisme d'une expérimentation terrain éprouvé à l'échelle nationale que les choix doivent être faits. La Poste et ERDF, avec le soutien de l'ADEME, nous montrent que le système est viable et extrapolable à partir du moment où l'expérience est partagée et tous les acteurs impliqués. Ce terrain de la connaissance avérée est le meilleur pour bâtir votre mobilité électrique et contribuer à l'essor de votre activité, que vous soyez à la tête d'une Entreprise ou d'une Collectivité. Penser global, agir local. Nous avons tous à y gagner. Avec le Véhicule Electrique, tout le monde est invité.

Louis Nègre.

Sénateur-Maire des Alpes-Maritimes, Président du GART

Les leviers d'une dynamique d'innovation et de croissance.

Le passage d'une économie consommatrice et polluante à une société de la sobriété est l'une des grandes priorités données par le Président de la République à son quinquennat. La transition énergétique en est une composante essentielle, parce que structurante. Elle veut réduire notre dépendance aux énergies fossiles importées, rééquilibrer le mix électrique en faveur des énergies renouvelables, soulager les industries consommatrices d'énergie. Surtout, c'est une mobilisation qui vise à trouver une croissance plus sobre et plus responsable, en améliorant la vie quotidienne. Il s'agit donc de combiner des impératifs environnementaux, énergétiques, économiques ou sociétaux, pour dégager des opportunités de croissance durable. Il s'agit encore de tracer des pistes d'innovation pour nos filières industrielles et de services. Il s'agit également de mieux combiner bien-être et efficacité, d'aller au-devant des attentes et des comportements futurs, en matière de mobilité notamment. Cette transition énergétique est aujourd'hui clairement engagée : à la loi dite «Brottes» qui visait à préparer cette transition, adoptée dès le 15 avril 2013, va s'ajouter dans les mois à venir le cadre donné pour une décennie par la loi Royal sur la transition énergétique, dont le texte adopté par la commission spéciale que je préside est aujourd'hui en lecture au Sénat. Dans l'intervalle, une autre loi adoptée dès le 4 août 2014, est venue faciliter le déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge de véhicules électriques sur l'espace public.

Il n'y a plus de temps à perdre. Les transports sont la première source d'émissions de gaz à effet de serre en France, dont ils représentent à eux seuls le quart. Pour réduire résolument ces émissions et celles des particules, pour diminuer aussi la dépendance française aux énergies fossiles, je suis de ceux qui sont convaincus que l'avenir en France est à l'électricité plus qu'au pétrole, et que nous assisterons à des transferts d'usage en matière de circulation. Ceux-ci passent par le véhicule électrique. Un véhicule électrique roulant en France émet, en moyenne, 12 g de CO₂ par kilomètre parcouru, contre une moyenne de 117 g de CO₂ au kilomètre pour le parc français actuel¹.

Mais sans bornes de recharge, l'usage de ce véhicule électrique sera limité. C'est pourquoi nous avons tenu à assurer cet été une présence suffisante de bornes sur le territoire national, en complément des initiatives des territoires et des acteurs privés.

En parallèle, nous avons contribué à réduire l'autre source principale de réticence à l'achat des véhicules électriques, leur prix - toutefois appelé à baisser avec l'effet de série - grâce au bonus-malus fiscal. Dans ce cadre en mouvement, les déploiements de flottes de véhicules électriques déjà réalisés ou en cours constituent une source d'informations objectives évidemment précieuse. De ce point de vue, le projet Infini Drive, c'est-à-dire l'expérimentation grandeur nature menée deux ans durant à l'initiative du Groupe La Poste et d'ERDF (les deux principales flottes de véhicules mises en service sur notre territoire) et soutenue par l'ADEME, s'est attaché à optimiser la recharge des flottes captives et à définir des préconisations sur le système de recharge. Bien documenté, le guide que vous avez entre les mains rassemble les principales options, données, conclusions et recommandations. Il sera pour tous une source de gain de temps considérable.

Collectivités ou entreprises, à vous de jouer ! Les déploiements de vos flottes de véhicules électriques constitueront, dans les mois à venir, une source conjuguée d'économies pour vos budgets, d'efficacité et de bien-être pour vos équipes, d'exemplarité auprès de vos clients, recrues ou partenaires. Egalement vecteurs de synergies externes, ils contribueront, en cette année où la France va accueillir la Conférence Paris Climat 2015, à la croissance durable de nos constructeurs et de nos industries, au renouveau de nos territoires et au mieux-vivre sur la planète. N'hésitez plus !

François Brottes.

Président de la Commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale, Député de l'Isère.

¹ - Rapport au nom de la commission des affaires économiques de Frédérique Massat, 15 avril 2014.

Introduction

Après deux siècles de développement, l'écosystème du véhicule thermique est ancré et maîtrisé : le véhicule électrique et les infrastructures de recharges appellent une autre approche, présentent un nouveau paradigme.

Ce rapport, destiné aux entreprises et collectivités souhaitant intégrer des véhicules électriques, clarifie ces nouveautés et explique les points à considérer pour un futur simple du véhicule électrique.

En France, le secteur des transports, au premier rang desquels la route, **est le principal émetteur de gaz à effet de serre** alors que l'impact sur le climat des émissions d'origine anthropique se confirme.

En milieu urbain, les transports routiers représentent l'essentiel des émissions d'oxydes d'azote et de particules. Les valeurs limites précisées par la Commission Européenne sont régulièrement dépassées dans plusieurs zones.

Les dépenses liées aux transports deviennent une charge de plus en plus lourde pour les entreprises et collectivités.

Enfin, **la consommation de carburants routiers, dépendant à 98% des produits pétroliers, accroît la dépendance de la France à ces ressources**, alors que la sécurité des approvisionnements et les prix fluctuent fortement.

Sachant qu'en part modale, la voiture reste prépondérante dans les transports, **le véhicule électrique constitue une des solutions pour relever ces défis.**

Cette piste du véhicule électrique a été soulignée à l'occasion des Etats Généraux de l'Automobile, organisés en janvier 2009, qui ont donné lieu au lancement du plan national «véhicules décarbonés ». Dans la droite ligne de ce plan et des travaux menés pour structurer la demande de véhicules électriques en France, le groupe La Poste a piloté le groupement de commande véhicules électriques qui a permis d'amorcer l'émergence du marché en France par la structuration de la demande d'entreprise. Il y a trois ans, s'est posée la question du développement des infrastructures de recharge en particulier pour les véhicules des entreprises et des collectivités. Il s'agit d'un enjeu majeur pour l'émergence de la filière véhicules électriques : les véhicules électriques et leurs infrastructures posent certaines questions par rapport aux véhicules thermiques. Cela a donné lieu au lancement du projet Infini Drive.

Aujourd'hui, les entreprises et les collectivités peuvent jouer la carte de l'exemplarité en s'équipant de véhicules électriques et initier un effet d'entraînement du marché des véhicules à faibles émissions. Cela concerne l'ensemble des véhicules professionnels (hors camions) des entreprises et collectivités qui représentent plus de six millions de véhicules soit environ 15% du parc automobile en circulation.

1 - ADEME, Chiffres-clés Energie-Climat 2012, Décembre 2012

Infini Drive est un projet de recherche et de développement visant à concevoir et mettre en œuvre un dispositif de recharge pour les flottes de véhicules électriques. Le dispositif mis en place permet la communication entre le véhicule, la borne, le réseau électrique et le système d'information existant. Au-delà des aspects techniques, le dispositif est approprié aux usages et à l'environnement des entreprises et collectivités. La finalité du projet est de s'assurer que les infrastructures de recharge couvrent l'ensemble des besoins liés aux activités des entreprises et collectivités, et répondent aux contraintes d'exploitation, de rentabilité économique, tout en faisant le meilleur usage des réseaux électriques et des moyens de production d'électricité. Le système testé dans le projet atteint les objectifs suivants :

- Performance économique : rentabilité et viabilité économique.
- Performance environnementale : minimisation de l'impact environnemental d'un déploiement d'infrastructures de recharge et de véhicules électriques.
- Performance d'exploitation : gestion performante et simple des infrastructures et des véhicules (en fonction des usages, du type de véhicule, de l'état du réseau électrique et du service de recharge).
- Sécurité des personnes et fiabilité des moyens.
- Acceptation par les utilisateurs : accompagnement des utilisateurs dans l'appropriation des véhicules électriques et des infrastructures de recharge.

Infini Drive a réuni 8 partenaires de compétences complémentaires, reconnus pour leur expertise : entreprises industrielles et de services, laboratoires et universités. Après 27 mois d'études et plus de 20 mois d'expérimentations, les retours sont positifs et riches d'enseignements et de recommandations, qui ont pour but d'aider les gestionnaires dans les entreprises et les collectivités à intégrer des véhicules électriques et les infrastructures de recharge associées.

Ce document présente les principaux résultats et enseignements du projet Infini Drive et vise à aider les entreprises et collectivités à intégrer des véhicules électriques dans leur flotte en les orientant dans leurs démarches d'achat et d'utilisation.

Ce rapport est constitué de quatre parties et d'une série d'annexes plus détaillées.

La première partie présente l'expérimentation (► Chap. 1) et précise les points qui font que ce projet de recherche et développement multi partenarial repose sur un ensemble conséquent de données, systèmes et résultats.

La deuxième partie présente les résultats sous forme de bilans thématiques (► Chap. 2) pour chaque objectif de performance recherché.

Une troisième partie synthétise les conseils et recommandations (► Chap. 3) portés à l'attention des entreprises et collectivités.

Enfin, la dernière partie précise certaines perspectives à considérer à moyen terme (► Chap. 4).



Infini Drive est un projet dont l'objet est de concevoir et mettre en œuvre un dispositif de recharge pour les flottes de véhicules électriques.



1.

Qu'est-ce
qu'Infini
Drive ?

Cette première partie présente le terrain d'expérimentation :

les grands principes adoptés, [▶ Chap. 1.1]

la variété de territoires, sites et activités [▶ Chap. 1.2]

le système de pilotage de la recharge des véhicules électriques élaboré [▶ Chap. 1.3]

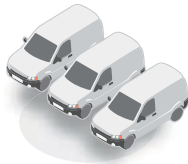
Le protocole d'accompagnement de la communication expérimenté [▶ Chap. 1.4]

Pour mener à bien le projet de R&D Infini Drive, un consortium a été créé à l'initiative du Groupe La Poste dès 2011. Il réunit 8 partenaires complémentaires.

- Le groupe **La Poste** et **ERDF**, tous les deux pionniers en déploiement de véhicules électriques dans leur flotte, représentent les utilisateurs du projet.
- **GREENOVIA**, coordinateur du projet et filiale du Groupe La Poste, apporte son savoir faire de management de projets complexes et son expertise dans les domaines de l'écomobilité : diagnostic et gestion de flotte et de déplacements, expertise véhicules innovants.
- La start-up **G²mobility**, spécialisée dans l'électronique embarquée, les télécommunications et le développement de systèmes d'information avancés, met à disposition son savoir-faire et les équipements pour l'infrastructure de recharge des véhicules.
- **Docapost BPO**, spécialiste des systèmes interopérables impliquant un grand nombre d'acteurs, développe la plateforme d'intermédiation et le système de gestion.
- Les équipes de recherche de l'Université de Lorraine, avec le laboratoire **LORIA**, et des Mines de Paris, avec **ARMINES/CMA**, disposent de compétences pointues pour concevoir des modèles d'optimisation pour la gestion des affectations des véhicules et des recharges.
- Le laboratoire **I3M** «Information, Milieu, Média, Médiation» de l'Université de Nice Sophia Antipolis et de l'Université du Sud-Toulon Var apporte au projet son expertise sur les dynamiques sociales d'appropriation des dispositifs sociotechniques d'information et de communication.

L'objectif visé par le consortium était de concevoir et tester, avec une approche pragmatique et évolutive, un système de pilotage des infrastructures de recharge permettant un déploiement économiquement viable, écologiquement durable, et socialement accepté des flottes de véhicules électriques. En ce sens, l'expérimentation Infini Drive répond à la question de la faisabilité de mise en œuvre d'un système de recharge intelligent, apporte des pistes pour développer des solutions technologiques et des organisations innovantes, et permet ainsi un déploiement viable du parc de véhicules électriques.

#1 Dispositif du projet Infini Drive



GESTION INTELLIGENTE DES FLOTTES
LA POSTE - ERDF - GREENOVIA - LORIA



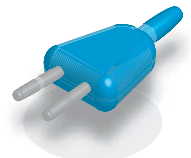
CONCEPTION DE BORNES DE RECHARGE INTELLIGENTES
G²MOBILITY



ACCOMPAGNEMENT ET SENSIBILISATION DES UTILISATEURS
LA POSTE - ERDF



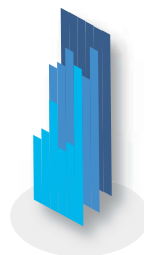
CONDUITE DU CHANGEMENT
LA POSTE - I3M



GESTION, OPTIMISATION ET ACHÈMINEMENT ÉLECTRIQUE
ERDF



BILAN ET RECOMMANDATIONS ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE
ARMINES PARISTECH
ERDF - GREENOVIA
I3M - LA POSTE - LORIA



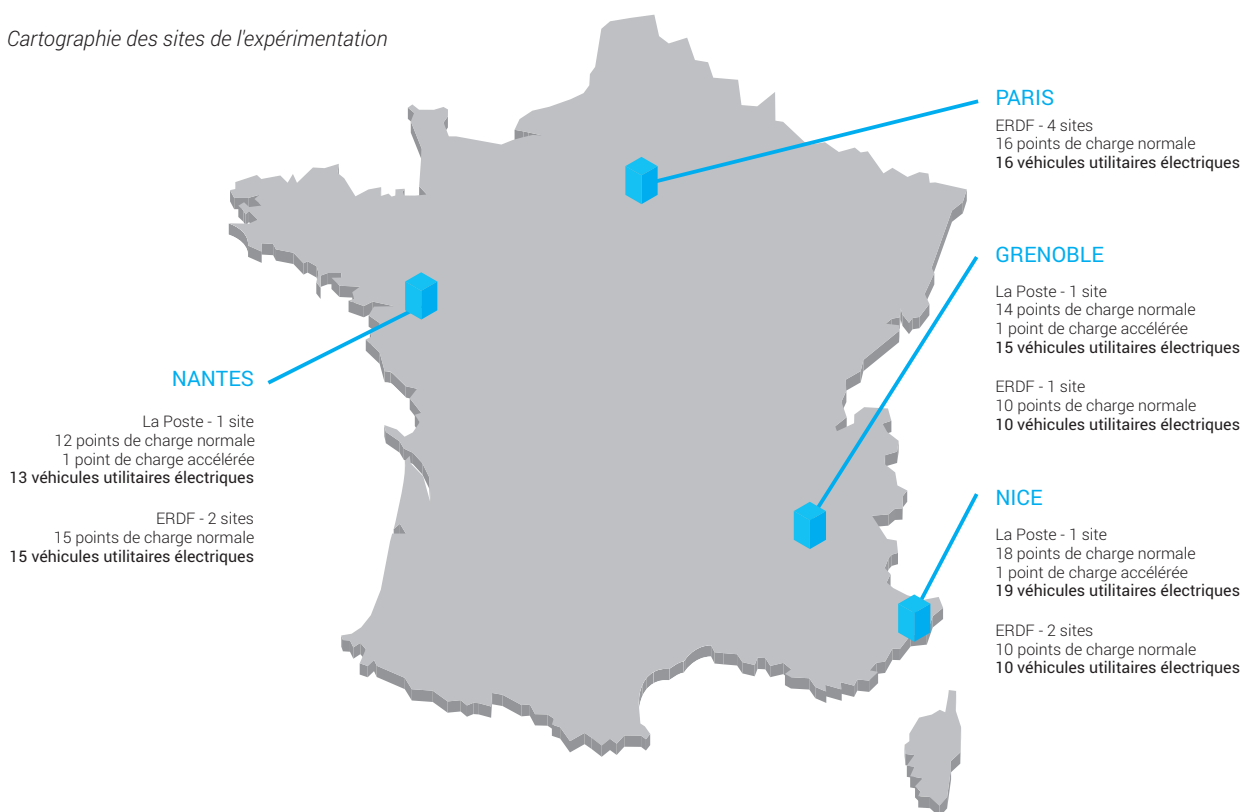
ANALYSE ET OPTIMISATION DES DONNÉES ET DES FLUX
DOCAPOST BPO
ARMINES PARISTECH
GREENOVIA - LORIA

Les deux groupes utilisateurs du projet, La Poste et ERDF, présentent des contextes organisationnels différents vis-à-vis du

véhicule électrique ; les chiffres clés et mentions qui suivent illustrent ces distinctions.

CHIFFRES CLÉS	LA POSTE	ERDF
Taille du parc	102 000 dont 52 000 voitures (utilitaires ou particuliers)	18 000 dont 6 200 utilitaires de 3 m ³
Expérience du véhicule électrique	- Pilotage du groupement de commande véhicule électrique - Plus de 22000 véhicules électriques (dont 3 roues motorisés et VAE) déployés depuis 2006. - Déploiement de 650 véhicules électriques dans les années 90.	- Expérience de déploiement de véhicules électriques de "première génération" dans les années 90.
Phase de déploiement -1- Acceptabilité -2- Acceptation -3- Appropriation	Phase d'appropriation (portée par le déploiement avec un contexte communicationnel abouti) avec plus de 22 000 conducteurs.	Phase d'acceptabilité (approche projet en amont du déploiement)
Nombre de véhicules utilitaires électriques déjà déployés	4 800	300
Véhicules déployés dans le cadre de l'expérimentation	47	51
Nombre de sites dans le cadre de l'expérimentation	3	12
Nombre de véhicules par site dans le cadre de l'expérimentation	de 13 à 19	de 4 à 10

#2 Cartographie des sites de l'expérimentation



1.1 Les grands principes

L'échelle représentative du projet a permis d'expérimenter de nombreux cas d'usage. Les 12 sites de l'expérimentation ont intégré près d'une centaine de véhicules électriques à leur flotte (concentration suffisante de véhicules nouvelle génération), et ont été équipés d'un dispositif qui permet la charge des véhicules, l'échange d'informations ainsi que le pilotage de la recharge de plusieurs véhicules électriques.

Le retour d'expérience ainsi acquis pour les différents cas observés offre une compréhension étendue des situations que les gestionnaires de flotte pourraient rencontrer.

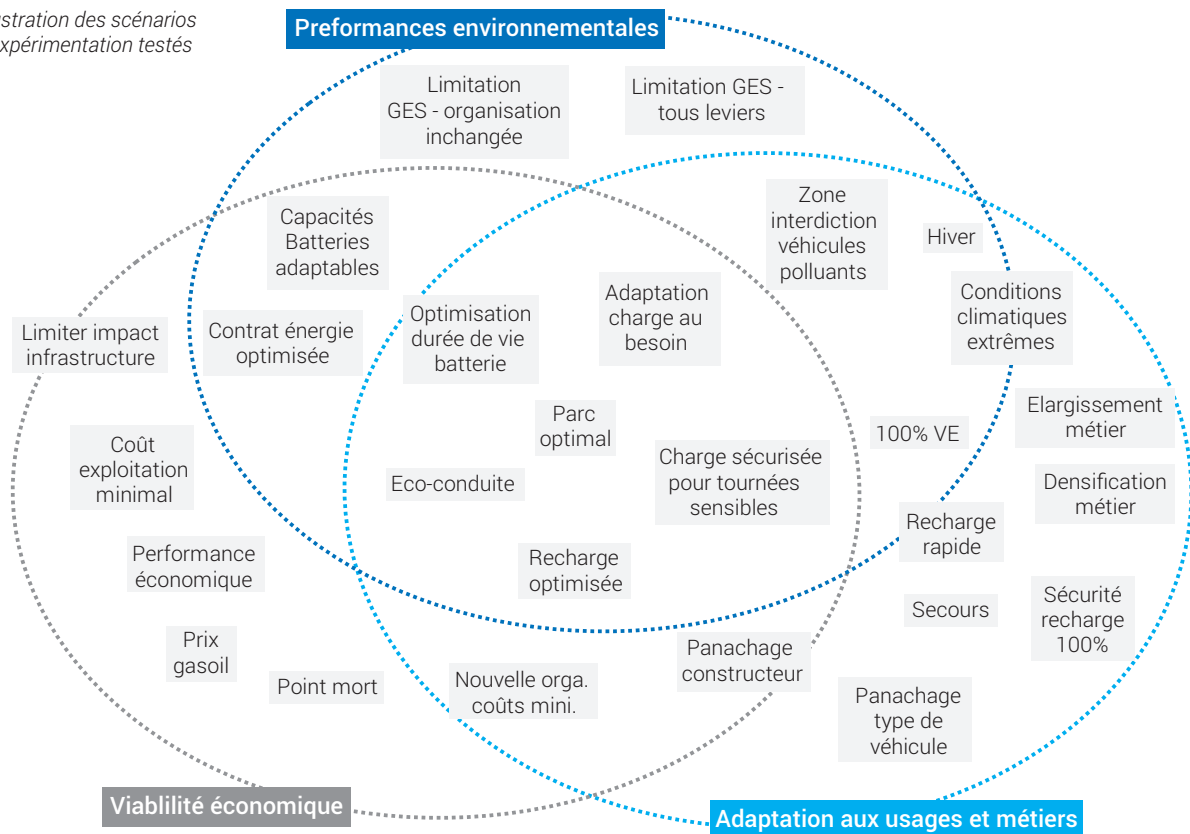
Pour le projet et donc les sites concernés, l'activité et ses exigences opérationnelles ont été maintenues. Certains cas ont été simulés pour ne pas affecter le fonctionnement et l'activité au quotidien. Le projet a permis de concevoir et mettre en œuvre un dispositif de recharge intelligent. Ce dispositif est un prototype. L'intention était de le mettre en œuvre dans des situations réelles et variées, et de pouvoir l'adapter et le faire évoluer. Au final, le projet a permis d'aboutir aux tests des équipements et à la conception des algorithmes qui fonctionnent pour chacun des sites, ce qui a enrichi les divers retours d'expérience.

Infini Drive est un projet de recherche opérationnelle qui associe étroitement les chercheurs et les opérationnels et profite d'un nombre d'acteurs impliqués important : les conducteurs, les managers, les gestionnaires bâtiments... Il a produit et utilisé un protocole expérimental basé sur des méthodes et des théories scientifiques.

Lors de la phase d'expérimentation, un autre principe adopté était de permettre aux acteurs d'avancer par essais-erreurs.

Ils ont pu adapter leurs dispositifs en fonction de ce qu'ils percevaient sur le terrain, ce qui a permis ensuite d'aboutir aux différents résultats présentés ci-après. Cette approche essais-erreurs a pu être suivie sur plusieurs mois. Quelques cas "extrêmes" ont même été provoqués : test de la montée de l'Alpe d'Huez, expérience de panne sèche... L'objectif était de mettre en œuvre un nombre important de situations que pourraient rencontrer les gestionnaires de flotte et de confirmer la robustesse du véhicule électrique et de son infrastructure. Le visuel ci-après illustre le protocole expérimental et les différents scénarios d'expérimentation.

#3 Illustration des scénarios d'expérimentation testés



1.2

Une variété de territoires, sites et activités

Les sites sélectionnés pour l'expérimentation ont été choisis pour représenter des situations variées, pour se mettre en situation de déploiement dans tout site de France, et pour étudier les cas les plus représentatifs de déploiement de véhicules électriques, et ce quelque soit le lieu de déploiement.

1.2.1 Caractéristiques territoriales

Les quatre territoires retenus présentent des spécificités intéressantes pour couvrir un maximum de situations : Nantes (peu de dénivelé, températures modérées), Paris (forte urbanisation), Grenoble (dénivelé et variations de températures) et Nice (dénivelé et chaleur l'été, situation énergétique particulière de la zone).

Il était important de prendre en compte différents paramètres exogènes pour garantir la transposition des observations et des conclusions du projet :

- Géographie : températures, périodes de froid, précipitations...
- Topographie : dénivelés forts, dénivelés faibles...
- Niveau d'urbanisation : territoire semi-rural, rural ou urbain, densité variable
- Situations particulières en termes de fourniture d'électricité (cas de « péninsularité électrique » notamment)

1.2.2 Caractéristiques liées aux sites

Les principales caractéristiques inhérentes aux configurations des sites sont couvertes par les 12 sites pilotes :

- Stationnement : en intérieur, en extérieur ou en sous-sol.
Pour illustrer, un lieu de stationnement ouvert ou encore non chauffé peut rendre plus dépendant des conditions météorologiques (pluie, froid) avec des impacts sur les véhicules, les installations de recharge. A cela s'ajoutent les conditions réglementaires pour chaque configuration (protection électrique et risque incendie notamment).
- Mode d'occupation des sites : les sites peuvent être en location ou en propriété. Les différents montages (propriétaire, locataire principal, sous locataire, concession...) pour l'utilisation des sites peuvent induire des circuits de décisions et des formalités supplémentaires pour les installations d'infrastructures.

1.2.3 Caractéristiques liées aux activités

- Contrats électricité : les sites ont des contrats d'électricité différents (fonction de la puissance souscrite). La courbe de charge d'appel de puissance des sites diffère et dépend également de leurs autres activités et utilisations de l'électricité, par exemple, présence d'une machine de tri du courrier sur un site postal.

Les sites équipés sont des sites opérationnels en activité dont l'objet premier est la réalisation d'activités métier ERDF (maintenance du réseau, intervention clientèle...) et d'activités métier La Poste (distribution et collecte du courrier). **L'activité et les niveaux d'exigences opérationnelles requis (satisfaction client...) ont été maintenus pendant la durée de l'expérimentation grâce aux directeurs, managers et agents impliqués dans le projet.**

La Poste et ERDF sont deux entreprises qui utilisent des véhicules utilitaires avec deux modèles d'activité différents : alors qu'ERDF réalise des travaux d'intervention sur les réseaux pour ses clients, La Poste réalise des prestations de collecte et distribution du courrier. Les métiers et activités font que l'utilisation et la gestion des véhicules ne se ressemblent pas. Les modèles de tournée peuvent être statiques (cas des modèles de tournées La Poste) dans le sens où ils présentent une certaine stabilité et régularité au cours du temps, même si des aléas peuvent avoir lieu. Ils peuvent également être dynamiques (cas des modèles de tournées ERDF) c'est-à-dire variables avec des interventions programmées à l'avance qui, sur base d'un système d'information, permet de déterminer la charge de travail du lendemain.

(► Annexe 3 : modèles de tournées La Poste et ERDF)

#4 Tableau comparatif des tournées La Poste et ERDF

	LA POSTE	ERDF
Type de prestations	Collecte, livraison	Intervention
Régularité et prévisibilité des tournées	Régulières, relativement stables avec aléas et variabilité saisonnière (pics, creux) de l'activité	Variable : définies en avance (de 3 semaines jusqu'à la veille au soir)
Lien agent – véhicule - tournée	1 véhicule affecté à 1 tournée	1 véhicule affecté à 1 agent
Un système d'information (type ERP) décrit les prestations à réaliser	Oui (mais pas un système d'information unique et aléas non référencés)	Oui
Nombre d'arrêts par tournée (hors feux, stop...)	Nombreux arrêts (>100 par tournée) courts	Limité (<10 par tournée) avec durée variable (dépend de l'intervention)
Horaires pour la charge	Nuit	Nuit
Emport de matériel et agencement du véhicule	Courrier et colis distribués ou récupérés au cours de la tournée. Pas de matériel spécifique emporté hormis les conteneurs	Matériel d'intervention et agencement intérieur spécifiques
Charge du véhicule (hors chauffeur)	Variable selon le type de tournée (moyenne à 50 Kg mais des tournées > à 150 Kg)	Variable, environ 150 Kg (rangements / équipement : environ 100 Kg, matériel de 50 à 100 Kg).

“
Au total,
près d'une
centaine de
véhicules
électriques
et de bornes
ont été
déployés,
instrumentés
et utilisés.

”

Chaque site, avec ses particularités, est unique :

1. L'activité de chaque site est singulière. Les usages ont été étudiés pour les modéliser avec plus ou moins de précision (ex. intégration des aléas...). L'activité peut se schématiser comme un rythme cyclique : les véhicules chargent la nuit (en charge normale), partent le matin pour les prestations à réaliser, peuvent rentrer à la mi-journée et profiter du créneau pour une charge complémentaire puis repartir l'après-midi. A leur retour, les véhicules sont systématiquement branchés. Ce schéma varie : des usages particuliers ont pu être testés et en particulier celui de véhicules d'astreinte.

2. Le contexte social des sites est variable. Dans certains cas les sites présentent un contexte favorable à l'expérimentation, dans d'autres, la situation mérite une attention particulière notamment en termes d'accompagnement de l'expérimentation.

3. Les choix d'échelle de déploiement varient entre les sites. L'arrivée des véhicules électriques sur les sites s'est faite à périmètre constant d'activité. Les véhicules électriques ont remplacé des véhicules thermiques «1 pour 1», sans remise en question de l'organisation globale des tournées. Afin de préserver l'activité, un choix a été opéré sur les véhicules thermiques qui pouvaient être remplacés. Certains ont pris des précautions avec des véhicules de remplacement, d'autres ont fait le choix de ne disposer que de véhicules électriques, sans véhicule de remplacement. Sur certains sites, le nombre de véhicules électriques a progressivement augmenté : des améliorations de tournées ont permis d'intégrer plus de véhicules électriques.

4. Les sites ont continué à vivre et changer au gré de l'activité et des événements liés aux organisations. Dans le cadre du projet, certains sites ont été équipés de nouveaux véhicules électriques, certains ont connu des réorganisations avec notamment de nouvelles affectations de tournées ou encore ont adapté leur organisation en réponse à des situations météorologiques particulières. Des sites ont connu des périodes délicates avec des mouvements sociaux.

(► Annexe 4 : les différents sites du projet)

1.3 Un système complet mis en place

Chaque site constitue un laboratoire à ciel ouvert pour l'optimisation du fonctionnement de la charge.

Le parti pris pour l'expérimentation a été d'équiper tous les sites d'un dispositif de charge complet et d'un ensemble de systèmes de mesures. Le multi-équipement pour la mesure est volontaire et aide à disposer de la donnée ou à la reconstituer sans pour autant préjuger du système à conserver dans le cadre d'un déploiement industriel du système.

1.3.1 Vision d'ensemble du dispositif mis en place

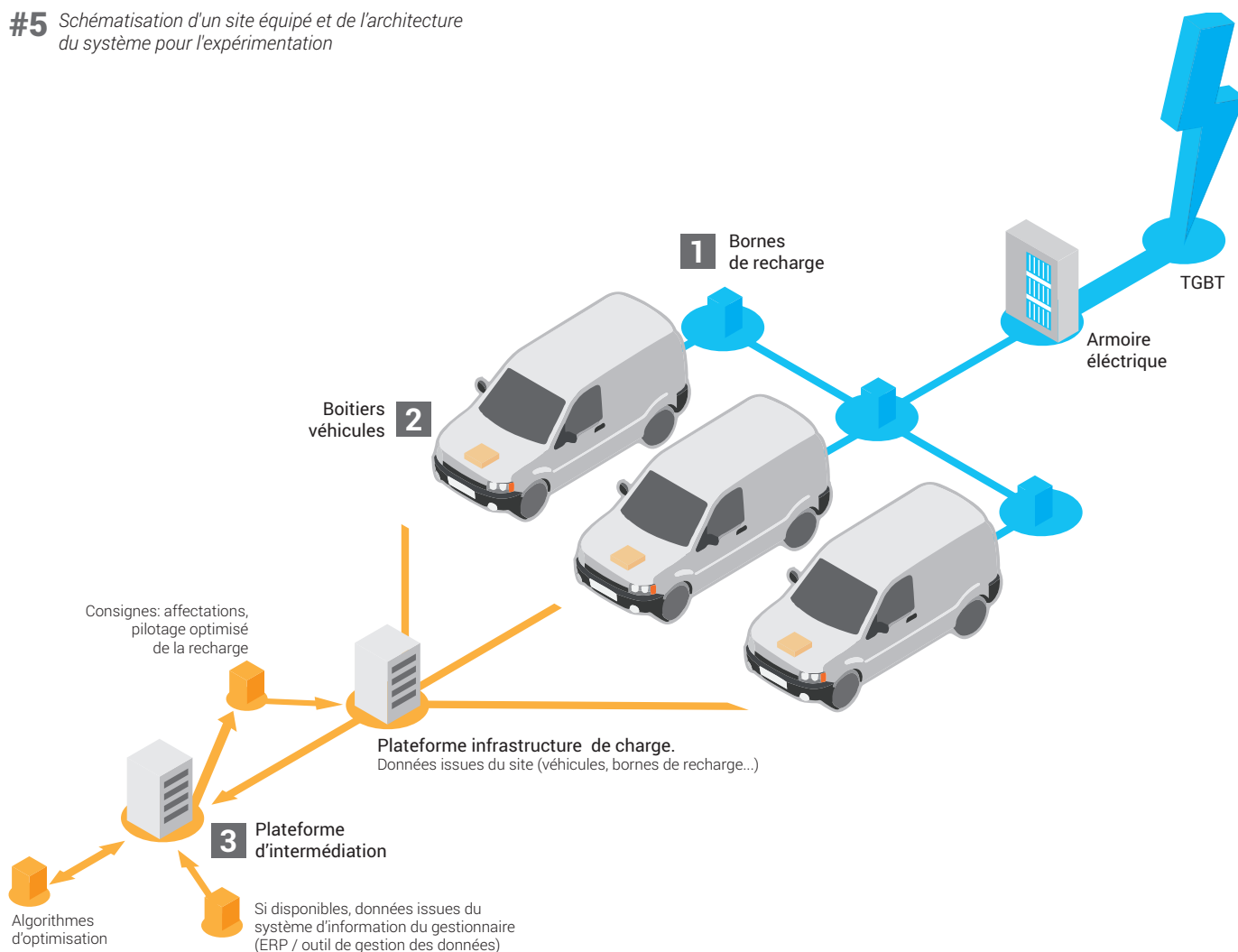
Le dispositif de charge a pour objectif de permettre un fonctionnement intelligent de l'ensemble du système que composent les véhicules, les infrastructures de charge, le réseau électrique et l'organisation.

Les équipements de mesure sont constitués de la borne de recharge du véhicule, d'éventuels compteurs de puissance et de boîtiers pour mesurer des informations relatives aux véhicules. Qu'il s'agisse de paramètres spécifiques aux bornes ou aux véhicules, l'information est transmise à la plateforme d'intermédiation.

Ce multi-équipement développé dans le cadre du projet a rempli les fonctions de collecte, de transmission et de stockage d'informations venant des véhicules, des points de charge ou du réseau. Il était nécessaire pour disposer de données suffisantes (observation, modélisation, simulation) et pour permettre le pilotage de la recharge.

Le système illustré ci-après représente le dispositif mis en place sur les différents sites, avec un exemple simplifié de site.

#5 Schématisation d'un site équipé et de l'architecture du système pour l'expérimentation



1 Les bornes de recharges

Les bornes servent à recharger les véhicules. Elles transmettent les données concernant la charge, quart d'heure par quart d'heure. Chaque borne de recharge permet de relever les identifiants voiture, borne, session, station, modèle de borne. La borne mesure le courant, la tension, la température, l'énergie active / réactive / apparente (partielle et totale), la puissance totale (active et réactive), les heures de début et fin de charge, ainsi que la consommation totale d'énergie.

1 - Le bus CAN (Controller Area Network) est un système de communication utilisé notamment dans l'automobile qui permet de récupérer certaines informations liées au véhicule.

2 Les boîtiers véhicules

Il existe deux types de boîtiers :

- Des boîtiers pour récupérer les données des véhicules lues directement sur le bus CAN¹. Il s'agit de données qui sont ensuite traduites et que le constructeur a accepté de mettre à disposition. Les données remontées sont les suivantes : état moteur, vitesse, distance cumulée, puissance instantanée consommée, SoC (Etat de Charge), température extérieure, action pédale de frein, coupure contact On / Off.

- Des boîtiers qui mesurent et enregistrent les parcours réalisés. En plus d'identifier de manière unique chaque véhicule, le boîtier génère un fichier de synthèse (distances parcourues...) et un fichier complet par parcours (coordonnées x, y, z et accélérations à fréquences rapprochées). L'identification du véhicule permet en outre d'y associer l'énergie électrique utilisée pour la charge.

Connaître l'état de charge du véhicule

Connaître le niveau de charge du véhicule électrique est essentiel pour différentes raisons : préciser le besoin de charge afin de réaliser les prestations du lendemain, respecter les consignes liées aux garanties de la batterie (gestion de la charge de la batterie « en bon père de famille »).

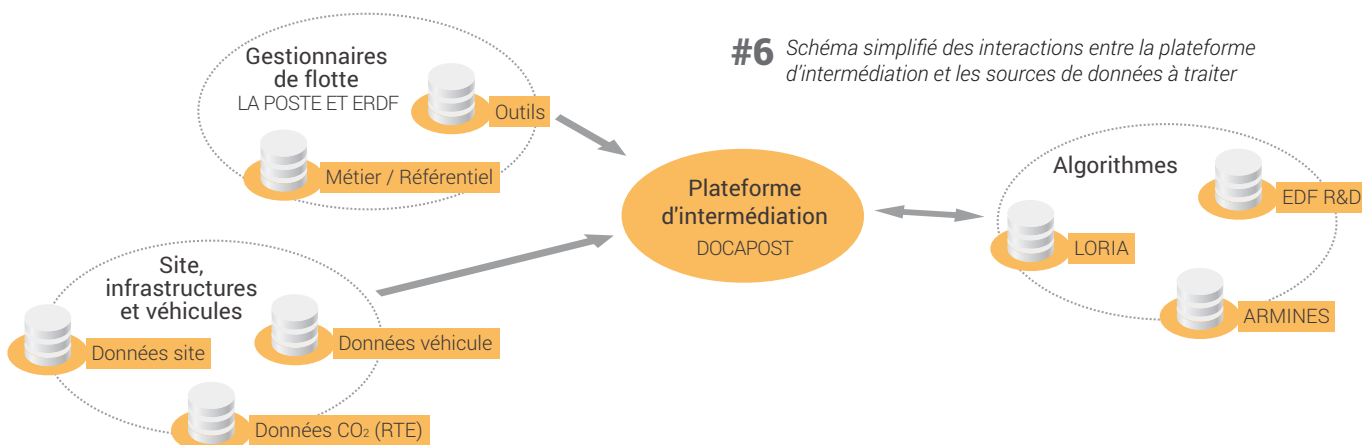
Les paramètres qui permettent de définir l'autonomie de la batterie sont les suivants :

- Le SoC (State of Charge), l'état de charge de la batterie, joue le rôle de jauge pour le véhicule électrique.
- Le SoH (State of Health), l'état de santé de la batterie qui reflète son niveau de dégradation (son vieillissement)
- La température de la batterie lors de la recharge (la batterie dispose d'une plage de fonctionnement, notamment pour la recharge)
- La commande du pré-conditionnement qui permet de préchauffer l'habitacle quand le véhicule est encore branché. Ce préchauffage ne commence que quand le véhicule est complètement rechargé.

En l'absence de transmission des informations correspondantes au système, les véhicules ont été équipés de boîtiers spécifiques.

3 La plateforme d'intermédiation

La plateforme récupère les données des véhicules et des infrastructures (compteurs des bornes, compteurs sur le TGBT, boîtiers à bord des véhicules) ainsi que les données relatives à la gestion de flotte. Elle ordonnance et formate les fichiers reçus, produit des fichiers intermédiaires et retransmet aux bornes, via le système de pilotage, les consignes de charge suite aux calculs des algorithmes. Cette plateforme met également à disposition des utilisateurs ou gestionnaires des indicateurs et tableaux de bord.



1.3.2 Données traitées

Les différentes sources de données qui alimentent la plateforme sont :

- Les compteurs électriques des bornes de recharge et les boîtiers qui équipent les véhicules remontent différents fichiers de taille variable (certains d'environ 1 Ko, d'autres de près de 150 Mo). Leur transmission est quotidienne ou peut intervenir dès que la donnée est disponible.
- Les compteurs électriques du TGBT : pour certains tests, l'activité du site est mesurée en temps réel (courbe de charge de la consommation d'électricité du site).
- Des systèmes d'informations métier qui fournissent les plannings d'activité des véhicules sont utilisés pour prévoir les prestations du lendemain et estimer le besoin de charge. Le fonctionnement du système a également été étudié en l'absence de système d'information métier.
- Des sources de données externes peuvent être utilisées, comme par exemple la source RTE qui indique le facteur horaire d'émissions de CO₂ pour l'électricité (pour utilisation dans les algorithmes qui visent à limiter les émissions).

Les algorithmes développés modélisent les usages, déterminent l'énergie nécessaire pour les prestations prévues, optimisent l'affectation des véhicules et le programme de charge en fonction des différentes contraintes (économique, environnementale, opérationnelle). Au bilan, les algorithmes fonctionnent et s'enchaînent par le biais de la plateforme d'intermédiation, leurs résultats permettent l'optimisation des plannings de charge selon différents choix de contraintes.

1.3.3 Rappel sur les modes de recharge et la connectique

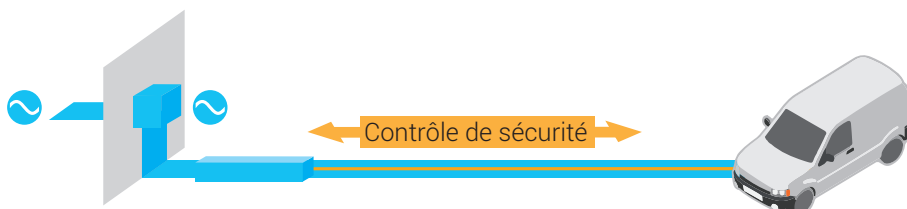
L'installation de points de charge demande de réfléchir au mode de communication des bornes et au choix des connectiques.

Quatre modes de recharge sont utilisés à ce jour, dont trois dotés d'un mode de communication.

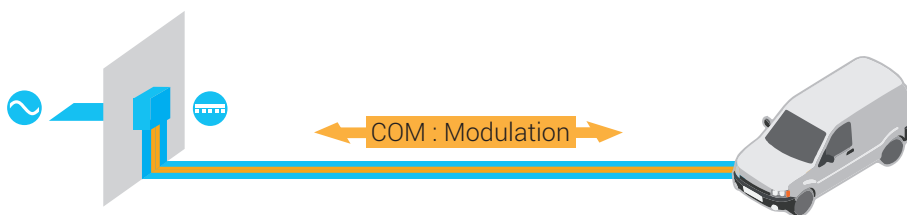
#7 Les 4 modes de recharge



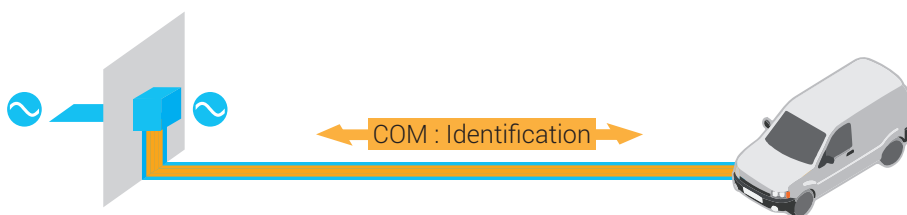
Mode 1 : Prise fixe non dédiée (branchement direct du véhicule électrique au réseau de distribution par prise de courant normalisée)



Mode 2 : Prise non dédiée avec dispositif de protection incorporé au câble



Mode 4 : Utilisation d'un chargeur externe, principalement utilisé pour la charge rapide



Mode 3 : Prise fixe sur circuit dédiée. Ce mode permet des fonctions de communication en plus du mode 2

Pour l'expérimentation, les bornes de recharges fonctionnent en mode 3, la connectique des prises est en type 3 côté borne et principalement type 1 côté véhicule.

Dans le cadre du dispositif d'aide au déploiement d'infrastructures de recharge, l'ADEME énonce des recommandations et rappelle que le mode 3 "devrait s'imposer comme standard pour la recharge des véhicules électriques", comme l'énonçait déjà le Livre Vert sur les infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules «décarbonés».

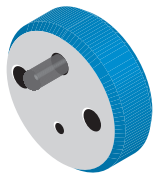
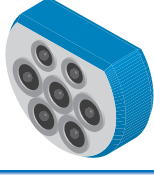
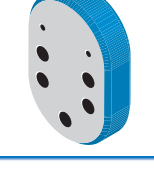
La connectique côté infrastructure

Les câbles de recharge peuvent être solidaires de la borne ou nomades. Trois socles de prise sont utilisés à l'heure actuelle sur le marché, les type E/F, type 2 et type 3 :

- **La prise de type E/F** permet la recharge des véhicules électriques en mode 1 et 2. Ces prises délivrent un ampérage de 8-10 ampères en courant monophasé. Du fait d'une moindre intensité, les temps de recharge associés sont allongés. C'est le type de prise utilisé dans le cadre de recharges occasionnelles. Ces mêmes types de prises peuvent être renforcés (on parle alors de **prise industrielle**) pour délivrer un courant monophasé de 16 ampères garantissant la recharge d'une batterie en 6 à 8 heures.

- **Les prises de type 2 et de type 3** permettent la recharge des véhicules électriques en mode 3 (permettant des fonctionnalités de communication). Les puissances associées à ces recharges peuvent être plus élevées si nécessaire. Le choix réglementaire du type 2 par la Commission Européenne n'est pas sans impact pour la France puisque la norme NF-C-15-100 demande la présence d'obtimateurs pour l'installation de points de charges à la maison ou sur lieu de travail. Une prise type 2 avec obtimateurs devait donc être prochainement disponible.

#8 Connectique côté infrastructure

TYPE DE SOCLE DE PRISE	ILLUSTRATION	MODE	DESCRIPTION	CONFORME À LA RÉGLEMENTATION FRANÇAISE CÔTÉ INFRASTRUCTURE	CONFORME AU PROJET DE DIRECTIVE EUROPÉENNE
Type E/F		1 & 2	Socle de prise type "domestique" compatible avec le mode 1 ou 2	Oui	Oui
Type 2		3	Socle de prise conforme à certaines réglementations nationales en Europe	Manque la présence d'obtimateurs	Oui
Type 3		3	Socle de prise conforme à la réglementation française actuelle	Oui	Possible si présence d'une prise type 2 sur la borne

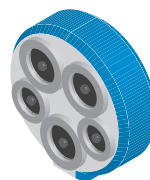
La connectique côté véhicule

Deux connectiques sont présentes sur le marché à l'heure actuelle.

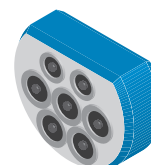
Pour les situations où le câble n'est pas solidaire à la borne, cette diversité n'occasionne pas de difficulté particulière. La situation se complexifie pour des câbles attachés à la borne. Les bornes de ce type seront alors équipées de deux câbles pour la recharge.

A consulter également : manuel GIMELEC "Infrastructures de recharge pour véhicules électriques"

#9 Connectique côté véhicule



La connectique type 1



La connectique type 2

1.4

L'accompagnement des utilisateurs

Une des originalités d'Infini Drive a été d'intégrer les sciences humaines et sociales à un projet de recherche et développement, principalement technique.

Il s'agit ici de considérer à sa juste place le facteur humain de la réussite d'une intégration technique, et d'aider les entreprises et collectivités à accompagner le changement d'usage que constitue l'adoption du véhicule électrique (VE) et de l'infrastructure de recharge des véhicules électriques (IRVE). La finalité de la recherche en question est d'identifier comment organiser une communication d'accompagnement du déploiement de véhicules électriques et de leurs infrastructures de recharge.

L'observation a été menée sur un site ayant opté pour un « passage de la flotte à 100% VE » du groupe La Poste afin de permettre une observation d'envergure. Elle bénéficie aussi des retours d'expérience des autres sites et des partenaires. Les utilisateurs ont été soumis à des contraintes bien supérieures à une situation normale de déploiement, dans la mesure où les différents scénarios techniques et organisationnels d'Infini Drive les ont placés en situation expérimentale et inhabituelle. L'acceptation étant potentiellement plus difficile, les résultats s'en trouvent renforcés.

Le principe a été d'observer le site et ses acteurs, de tester et optimiser un dispositif de communication d'accompagnement, bâti à l'aide de multiples considérations théoriques et pratiques. De nombreuses méthodes, pour partie participatives, ont été utilisées :

- Analyse linguistique des documents de communication interne existants (► méthodes précisées en annexe 9),
- Entretiens individuels avec les managers, les chargés de communication et les personnels,
- Observation participante lors de rencontres régulières avec les utilisateurs,
- Tests de protocoles de communication,
- Co-construction de dispositifs de communication spécifiques avec les utilisateurs et leurs encadrants.

L'objectif était de répondre à de nombreuses questions régulièrement posées par les gestionnaires de flotte, par exemple : Comment les managers et les utilisateurs s'approprient-ils les VE/IRVE ? Quels sont les leviers et les freins à cette acceptation ? Quel est leur niveau d'implication et de questionnement ? Quels sont les arguments qui favorisent l'acceptation des VE/IRVE ? Comment évolue le changement d'usage ? Quelles adaptations techniques ou organisationnelles peuvent être envisagées pour satisfaire l'utilisateur ?

La question centrale concerne la place que prend la communication dans cette acceptation, et vise à préciser comment adapter la communication interne dans le projet d'intégration d'un objet aussi nouveau que le véhicule électrique et son infrastructure de recharge.

“

L'accompagnement
des utilisateurs,
tout comme
leur valorisation
est une étape
aussi importante
que le bon choix
de l'architecture
de recharge.

”

2.

Des dispositifs probants et des bilans positifs

Cette partie constitue le retour d'expérience du projet. Les expérimentations ont duré 20 mois, commençant en septembre 2012 et se terminant en avril 2014. Différentes natures d'impacts ont été mesurées. Les dispositifs mis en place sont probants et permettent la mise en œuvre de plannings de charge des véhicules électriques pilotés selon différentes contraintes.

Le premier bilan précise l'impact qu'a eu le déploiement du système de recharge élaboré sur les sites opérationnels considérés.
[▶ Chap. 2.1]

Le deuxième, qui porte sur les agents utilisateurs, précise comment a été accepté le véhicule électrique et le système de recharge mis en place.
[▶ Chap. 2.2]

D'un point de vue financier, l'entreprise et la collectivité vont-t-elles s'y retrouver ? Le bilan économique précise les coûts considérés.
[▶ Chap. 2.3]

Enfin, le bilan environnemental résume les impacts sur le changement climatique, la qualité de l'air et l'efficacité énergétique d'une flotte de véhicules électriques, et ce principalement en comparaison des véhicules thermiques.
[▶ Chap. 2.4]

2.1

Une performance métier / organisation

Utiliser des véhicules électriques avec le dispositif de charge associé, pour réaliser des prestations et les implanter dans l'organisation, permet de vérifier l'adéquation du véhicule électrique au métier et à l'organisation. Le projet a visé à limiter au maximum l'impact du véhicule électrique sur l'organisation.

La suite présente le retour d'expérience du dispositif mis en place et l'impact qu'il a eu sur les activités et les organisations. Il est construit sur la base d'un ensemble de mesures effectuées, couplé à la mise en œuvre de scénarios d'expérimentation.

2.1.1 Les véhicules électriques fonctionnent et rendent les services demandés

Pour La Poste et ERDF, le contexte expérimental a permis de vérifier la compatibilité du véhicule électrique à une grande partie des métiers ainsi que la possibilité pour le véhicule électrique de se substituer au véhicule thermique. **Le bilan est positif : les véhicules électriques peuvent rendre les mêmes services et suivre les mêmes parcours que les véhicules thermiques dans la majorité des cas.**

Dans le cadre de trajets professionnels, les consommations sont conformes à des usages professionnels intensifs. Les distances restent moindres que pour certains trajets privés rendant ainsi le véhicule électrique adapté aux usages.

Sur la période considérée, les distances parcourues par les véhicules électriques et mesurées par les boîtiers approchent, en moyenne journalière, 40 km pour La Poste et 34 km pour ERDF. Les distances journalières maximales constatées dépassent 70 km pour La Poste et 100 km pour ERDF.

Les consommations d'électricité ont été mesurées à l'échelle des sites et des bornes de recharge. Selon le type de véhicule, la consommation constatée au niveau des TGBT (tableau général basse tension) est de l'ordre de 27 kWh/100km pour les véhicules utilitaires testés et de l'ordre de 24 kWh/100km pour un modèle de véhicule plus petit (rappel : cas d'usage intensif).

Plusieurs scénarios d'expérimentation ont été menés afin de tester différentes situations, et vérifier le comportement et les réactions du véhicule électrique. Qu'il s'agisse de zone montagneuse, de froid ou encore d'environnement de travail plus ou moins urbanisé, le véhicule électrique convient aux environnements rencontrés. Ces expérimentations présentent également l'avantage de rassurer et de lever certaines craintes techniques et organisationnelles.

Le comportement du véhicule électrique sur des zones qui présentent de forts dénivelés

Même si les expérimentations La Poste et ERDF en zones montagneuses ne sont pas représentatives des prestations habituellement réalisées, elles valident à la fois la possibilité de réaliser des parcours particuliers et l'intérêt de la recharge de la batterie en descente. Par ailleurs, elles infirment l'idée reçue que le VE ne pourrait évoluer que dans des zones à faible dénivelé. Cela permet donc d'élargir l'usage du véhicule électrique à des tournées avec dénivelés.

Illustration par le retour d'expérience ERDF La montée de forts dénivelés et la récupération à la descente ont été testés.

Un véhicule utilitaire électrique a réalisé la montée de l'Alpe d'Huez depuis Grenoble Seyssinet sans recharge intermédiaire, dans le cadre d'une intervention programmée. Le véhicule était chargé (casiers en bois, équipement personnel de protection, ordinateur et matériel nécessaire à une activité de dépannage), l'agent avait suivi une formation éco-conduite. 126 km ont été parcourus pour 1500 m de dénivelé. Le véhicule disposait de plus de 50 % d'autonomie avant la montée de l'Alpe d'Huez (Bourg d'Oisans à 400m d'altitude) et s'est retrouvé avec 11 km d'autonomie une fois arrivé en haut de l'Alpe d'Huez. Le retour a été effectué grâce à la récupération de l'énergie du VE en descente.

La limite d'autonomie et l'intervention du service d'assistance

Pour les agents, la crainte de la panne sèche induit des prises de marge de sécurité qui vont à l'encontre de l'augmentation des distances qui peuvent être parcourues chaque jour. Fort de ce constat, il a été décidé au niveau du groupe La Poste de réaliser une prestation sans recharger la batterie du véhicule le soir afin de provoquer volontairement une panne sèche le lendemain : deux journées de prestation postale ont été enchaînées sans recharge intermédiaire. L'objectif de ce scénario extrême était de tester « par la preuve » l'autonomie des véhicules électriques. L'intention était bien de rassurer les collaborateurs concernés par une réorganisation en cours, visant à augmenter les longueurs de tournées.

1 - le « haut-le-pied » désigne le parcours réalisé pour joindre le lieu de réalisation des prestations postales et le lieu de remisage du véhicule

Illustration par le retour d'expérience La Poste La limite d'autonomie et l'intervention du service d'assistance ont été testés.

A la fin de deux jours de prestation, le véhicule a parcouru 81 km en usage postal sans recharge intermédiaire. Le premier jour, la tournée réalisée était de 45 km. Le lendemain, l'arrêt en panne sèche a eu lieu au 36ème km, pendant le haut-le-pied¹ retour, à 2 km d'un sommet qui, une fois franchi, aurait permis un retour sur l'établissement.

La tournée a comporté 260 arrêts pour distribution et 17 arrêts liés au parcours. Il a été réalisé en 3 phases : haut-le-pied¹ aller de 12 km à 39 km/h de moyenne, prestation de distribution de 21 km en 3h41 soit 5,7 km/h en moyenne, haut-le-pied¹ retour de 19 km (non achevé).

L'expérience a permis au chauffeur de vivre la situation, de vérifier la validité de l'autonomie affichée par le véhicule et de comprendre le comportement du véhicule à l'approche de la limite d'autonomie. L'expérience a également été l'occasion de tester le service d'assistance en cas de panne sèche avec une intervention en moins de 30 minutes.

Les impacts du froid sur l'autonomie du véhicule

Deux phénomènes impactent la consommation des véhicules électriques en hiver : l'utilisation des auxiliaires ainsi que l'effet des basses températures sur la batterie qui en diminue le rendement.

- L'utilisation des auxiliaires : Différents équipements du véhicule électrique puisent sur la batterie de traction. La consommation de ces auxiliaires impacte l'autonomie du véhicule. Le plus consommateur est le chauffage électrique. L'impact du chauffage électrique en période de grand froid varie selon la configuration du véhicule :

- Quand le véhicule est chauffé sur la batterie de traction, alors la consommation d'énergie supplémentaire peut représenter jusqu'à un tiers de l'autonomie. En absence de chauffage thermique additionnel, le froid a un impact fort sur l'autonomie et doit être considéré au moment d'affecter le véhicule.

Des alternatives ont été observées.

A La Poste, le facteur s'arrête et ouvre fréquemment le véhicule pour distribuer le courrier. En hiver, l'habitacle se refroidit rapidement et met du temps à se réchauffer. Le chauffeur connaît cette situation et s'équipe en conséquence pour faire face au froid, sans sur-solliciter le chauffage et donc la batterie.

- Quand le véhicule dispose d'un chauffage thermique additionnel fonctionnant avec de l'essence, l'impact sur l'autonomie est limité et le froid a un impact modéré sur l'autonomie.
- Le rendement de la batterie : Le projet a permis de constater des recharges incomplètes en hiver. L'impact de la faible température est amplifié par des périodes d'arrêts significatives qui obligent la batterie de traction à puiser dans sa propre réserve pour se mettre aux conditions de fonctionnement requises.

Les véhicules fonctionnent et rendent les services attendus pour les différents parcours, selon leurs configurations : une déclivité prononcée, des variations de températures importantes, un environnement urbain ou rural, des cas métiers avec des utilisations très exigeantes des véhicules.

2.1.2 Les véhicules électriques ne modifient pas l'organisation de l'activité

Les sites ont continué à évoluer, lors du projet, et à s'adapter aux besoins métier : nouvelle organisation des tournées et de leur agencement dans le cadre de révisions trimestrielles, arrivées de nouveaux véhicules électriques...

Un exemple illustre les deux types d'adaptation opérée afin de ne pas perturber les organisations et le métier :

- Changement d'affectation : compte tenu de l'impact du froid sur l'autonomie du véhicule électrique, l'organisation a été remise en question entre les périodes d'été et d'hiver. Sur la base des simulations, en utilisant le chauffage sur tout le parcours, il devient intéressant de réduire en période froide le nombre de

tournées opérées par les véhicules électriques au profit des véhicules thermiques (passage de 8 à 11 VE entre les périodes froides et les périodes normales pour le cas simulé).

- Limitation de l'usage : grâce à une limitation dans l'usage du chauffage électrique sur les portions de tournées où les entrées-sorties du facteur sont nombreuses et grâce à la formation à l'éco-conduite, cet impact théorique a pu être limité et le même nombre de véhicules électriques est conservé été comme hiver.

“
Le véhicule
électrique
s'intègre bien
dans un parc
de véhicules.
”

Le management, dans l'organisation des affectations des véhicules et dans la conception des tournées, a son rôle à jouer. Vérifier l'atteinte du point de rentabilité, la réalisation de distances suffisantes et le respect des contraintes d'autonomie au fil de l'eau permet d'atteindre l'équilibre et d'adapter selon les objectifs stratégiques de l'entreprise : limitation de la pollution locale, déploiement en « tout électrique », coût d'exploitation minimal... En ce sens, l'organisation des sites a été adaptée au cours du projet, la taille des tournées réalisées par les véhicules électriques a augmenté.

2.1.3 L'installation sur site est ergonomique et adaptée aux usages

L'expérimentation a permis de tester, d'ajuster et d'adapter l'installation pour une meilleure ergonomie de l'ensemble. Différentes configurations de bâtiment ont été mises en œuvre dans le cadre du projet : sécurité plain-pied, emplacement des bornes, emplacement des places, butée avant trottoir, éclairage pour pouvoir brancher la prise au véhicule dans des parkings sombres, ouverture des portes, vision directe du management...

Dans les phases de conception, **la consultation des agents et la sollicitation de leur avis avant de réaliser les travaux a joué un rôle primordial.**

Afin de faciliter l'usage par les utilisateurs, le positionnement des points de charge, le câblage et la signalétique ont été adaptés pour concilier :

- Les contraintes des sites (murs existants, câblage et matériel installés) ;
- Le règlement interne du site (stationnement en marche arrière pour des raisons de sécurité) ;
- La configuration des véhicules (connecteur de recharge à l'avant du véhicule).

Concernant la sécurité, les infrastructures sont installées pour répondre à :

- La sécurité vis-à-vis des risques électriques : chaque borne est protégée par un disjoncteur différentiel (30mA) permettant de protéger les utilisateurs contre toute fuite de courant. De plus chaque armoire électrique pour les véhicules électriques est équipée d'une poignée de coupure d'urgence extérieure et accessible pour permettre la coupure simultanée de la grappe de recharge.
- La sécurité vis-à-vis des risques d'incendie : pour la recharge en extérieur, des extincteurs (un à eau et un à poudre) ont été installés à proximité du lieu de recharge des véhicules électriques. Pour la recharge en milieu intérieur (cas d'un site avec un parking en sous-sol) des précautions particulières ont été prises : recharge des VE par grappes de 5 à 6 VE, mise en place de détection incendie, mise en place d'extincteurs (un à eau et un à poudre) pour chaque grappe. Des coupures d'urgences des armoires électriques pour les véhicules électriques déportées et centralisées à l'extérieur du parking et si possible vers un poste de gardiennage sont préconisées.

Sur certains sites, un support mécanique a été installé pour les prises. L'avantage est qu'il permet de fixer la borne sur le mur à l'arrière du VE et de positionner facilement le câble, à côté du connecteur de recharge, qui pour le modèle de véhicule concerné, est situé à l'avant. Ce type d'installation présente l'inconvénient de coûter relativement cher. D'autres sites ont fixé les bornes sur les poteaux à l'avant des VE. Des butées de roues ont été installées pour éviter de toucher le poteau avec le véhicule. Définir le bon espace entre la fin de la place et la butée permettra de laisser un espace suffisant permettant d'ouvrir les portes arrière du véhicule utilitaire pour charger le matériel ou le produit à transporter. Cette configuration est moins chère que celle avec support mécanique.

(► Annexe 6 : plus de détails des éléments d'ergonomie.)

2.1.4 Le dispositif de pilotage de la recharge mis en place fonctionne

Le dispositif mis en place permet la mise en œuvre d'un enchaînement logique des différents algorithmes développés dans le cadre du projet pour aboutir à des consignes de charge intelligentes des véhicules et offrant l'optimum économique et environnemental sur le site :

- Au moment du retour sur site des véhicules, les informations sur le niveau de charge des véhicules (donnée «SoC») sont collectées.
- De cette information, qui permet d'établir la recharge à réaliser sur les différents véhicules, et en fonction des trajets du lendemain et donc des besoins en énergie, un planning de charge peut être programmé. Il définit de manière indépendante, véhicule par véhicule, le ou les créneaux de charge et leur intensité.
- La charge est commandée et réalisée en conformité avec les contraintes définies (par exemple, ne pas dépasser une certaine puissance par site).
- Le lendemain matin, les véhicules sont chargés et les prestations peuvent être réalisées.

(► Annexe 8 : rôle, fonctionnement et agencement des algorithmes développés dans le cadre du projet.)

2.1.5 L'accès à la donnée facilite l'optimisation

La donnée a eu un rôle majeur dans le projet. Les équipements installés pour réaliser les mesures ont permis de porter un discours de preuve aux équipes sur le réalisé et sur le bon fonctionnement du dispositif : l'équipement rend possible la mesure et montre les résultats pour indiquer que le dispositif complet fonctionne et fournit des informations sur l'utilisation des véhicules électriques et sur l'infrastructure de charge.

Le dispositif créé constitue un ensemble d'équipements techniques qui donne les moyens d'accéder à des fonctions avancées de mesure pour permettre un pilotage adapté et par extension, une recharge intelligente d'une flotte de véhicules. **Certaines données devraient, à terme, être mises à disposition par les fournisseurs d'équipements (véhicules, bornes, réseau) et ne pas nécessiter l'installation d'équipements complémentaires.**

Un ordinateur a été installé sur chaque site à destination des managers et gestionnaires pour communiquer en direct avec les systèmes d'information. Cet ordinateur présente des données en quasi temps réel. Il permet l'affichage des données ou le passage de commandes aux points de charge.



L'accès
à certaines données
est nécessaire pour
permettre
un pilotage
intelligent de
la recharge.



Les informations restituées sont :

- La vision énergétique synthétique des infrastructures de recharge. L'utilisateur visualise la puissance consommée par le parc de bornes, la puissance maximale de l'architecture électrique VE, l'énergie consommée par chaque borne à un instant donné...
- La vue détaillée borne par borne : état de fonctionnement, véhicule branché en charge, en attente de charge, connecté, borne libre, borne en défaut... La date et l'heure de la dernière mise à jour des informations reçues sont précisées. Il est également possible d'accéder aux paramètres intensité en ampères (actuelle, consigne transmise à la borne, maximale qu'elle peut utiliser), puissance (kW), énergie (kWh)...
- La mise à disposition d'indicateurs et tableaux de bords à l'attention des managers des sites de l'expérimentation et des gestionnaires de flottes. Cet outil facilite la prise de décision telle que la bonne mise en œuvre des véhicules et leur bonne appropriation par les utilisateurs.

L'accès à certaines données est également nécessaire pour alimenter les algorithmes et permettre un pilotage intelligent de la recharge. Quand un certain type de données n'est pas directement disponible, des équipements spécifiques de mesure peuvent aider à le reconstituer. Le projet a permis de le faire, par exemple sur l'estimation du niveau de batterie au retour du véhicule (► Annexe 18 information SoC) ou encore sur la considération des signaux du réseau électrique.

Ces données, en plus d'avoir fourni des preuves aux utilisateurs des véhicules, ont permis d'améliorer et d'optimiser la gestion de la flotte de véhicules, qu'ils soient thermiques ou électriques.

Une performance métier / organisation

La performance métier est vérifiée lors d'une mobilité à l'aide de véhicules électriques : le véhicule fonctionne et rend les services attendus, au même titre qu'un véhicule thermique. L'organisation évolue dans une logique d'amélioration continue de l'activité : le véhicule électrique accompagne ces évolutions, voire les permet (mutualisation de véhicules par exemple).

D'un point de vue technique, le dispositif mis en place sur chaque site peut induire une installation particulière. L'expérimentation a permis d'identifier pour certaines configurations, les solutions les plus adaptées qui assurent l'ergonomie du branchement des véhicules et garantissent la sécurité des utilisateurs. Les entreprises et collectivités trouveront les solutions adaptées à leurs contraintes. Ces contraintes sont à préciser dans le cahier des charges afférent.

La donnée revêt un rôle particulier. Des outils ont été mis en place pour restituer certaines données. Les restitutions portent la preuve de l'intérêt du véhicule électrique. De plus, la récupération des données mesurées a facilité l'optimisation du système. L'accès aux données (véhicules, bornes, réseau) est important pour favoriser l'intelligence du dispositif de charge.

2.2 Une performance sociale

Le déploiement des véhicules électriques sur les sites de l'expérimentation pose la question de leur acceptation et de l'adéquation avec l'organisation en place, plus habituée aux véhicules thermiques.

L'acceptation des véhicules et des infrastructures est forte mais leur appropriation¹ gagne à être facilitée par une communication d'accompagnement adaptée auprès du management puis des utilisateurs.

L'acceptation des véhicules électriques et des infrastructures de recharge est forte. L'image et l'usage du véhicule électrique et de leur infrastructure de recharge sont perçus très positivement. **Les utilisateurs ne veulent plus changer de véhicules après.** Le véhicule électrique est considéré comme une promotion et une "récompense", comme un avantage pratique (usage plus confortable, plus ergonomique, plus simple, etc.) et un moyen de distinction interne et externe (fierté de montrer l'engagement technophile, novateur et citoyen de l'entreprise auprès des collègues, des clients et des habitants).

Les infrastructures de recharge, avec les bornes intelligentes, contribuent fortement à cette image en permettant de simplifier l'usage des véhicules électriques (pas de plein d'essence à la pompe, ou encore gestion raisonnée de la charge) et d'amplifier les autres arguments en faveur du véhicule électrique.

Le relevé d'expérience cerne de nombreux leviers pour limiter les freins au changement de pratique par l'utilisateur et son manager.

Le véhicule électrique est d'emblée bien perçu. Les salariés voient l'arrivée des véhicules électriques comme une récompense, une amélioration des conditions de travail, un outil innovant valorisant. L'intérêt du public pour les véhicules électriques<Néant> suscite la fierté des salariés, qui sont très fréquemment interpellés et questionnés à propos de leurs véhicules.

Le gain écologique de l'usage urbain du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique est mis en avant par les salariés : l'impact « visible » sur la pollution de l'air est l'argument souvent évoqué par les passants, ce qui vient renforcer le sentiment de fierté des utilisateurs. En interne, le bilan environnemental reste questionné, notamment concernant le recyclage des véhicules et des batteries, l'origine de l'énergie électrique, et nécessite d'y apporter des réponses.

Le véhicule électrique est confortable et ergonomique. Les utilisateurs satisfaits le qualifient d'agréable, de reposant et de souple à conduire. Ce sentiment est lié en grande partie au fait qu'il s'agit de véhicules sans boîte de vitesse (et donc sans embrayage). Le silence du moteur est aussi jugé reposant et d'autant plus apprécié lors d'embouteillages. Mais ce silence représente aussi, selon eux, un véritable danger pour les piétons. Cette question suscite des inquiétudes et des propositions : les utilisateurs demandent l'installation d'avertisseurs spéciaux, moins agressifs que des klaxons classiques et de préférence, semblables à des avertisseurs de transports existants pour faciliter leur reconnaissance par les passants.

1 - Pour rappel, l'utilisateur évolue selon trois états : de l'acceptabilité (1), à l'acceptation (2), puis à l'appropriation (3) du VE/IRVE.

Les limites d'autonomie des véhicules sont cernées. En ce qui concerne l'autonomie, qui est le principal frein émis avant l'utilisation des VE, les utilisateurs ont rapidement pris confiance en leur véhicule. Les conducteurs de VE surveillaient ponctuellement leur jauge d'autonomie / énergie (économètre), de la même manière que la jauge dans un véhicule thermique. L'autonomie est surtout un sujet de préoccupation pour les plus longs trajets et pour les usages en situation d'urgence (dépannage non programmé, astreinte...).

La charge intelligente du véhicule contribue à l'appropriation du VE. De manière générale, la recharge du VE est perçue positivement car synonyme de gain de temps pour les utilisateurs qui n'ont plus à patienter à une pompe à essence pour faire le plein de carburant. La borne intelligente est à la fois un levier (image valorisante d'un dispositif à haute valeur ajoutée technologique) et un frein dans la mesure où les utilisateurs ne comprennent pas suffisamment son fonctionnement. Ils attendent du dispositif un retour d'informations sur l'état et le processus de charge en cours ainsi que sur le type de données récoltées sur leur usage personnel du VE.

La question de la panne électrique inquiète au début les futurs utilisateurs, qui se demandent quel est le «plan de secours» retenu en cas de panne électrique générale. Le frein associé à «une réparation peu réactive et l'indisponibilité des VE» est souvent évoqué, du fait des souvenirs des VE de première génération. Une panne d'un VE en début d'expérimentation s'est révélée facilitatrice : en effet, le dépanneur étant intervenu très rapidement (moins d'une demi-heure), il a redonné une totale confiance aux salariés sur le site en question.

Ces freins et leviers, liés à l'usage des véhicules électriques et des infrastructures, ont alimenté les composantes organisationnelle, communicationnelle et technique du projet. Par ailleurs, l'expérimentation a montré que l'acceptation du véhicule électrique dépend aussi du sens donné par les utilisateurs au projet général de déploiement de l'entreprise ou de la collectivité.

Quatre grands types d'arguments animent la mobilisation des salariés dans ce projet :

- Argument 1. L'usage pratique et l'adaptation au métier,
- Argument 2. Le caractère hautement technologique et innovant des VE/IRVE,
- Argument 3. La mobilisation en faveur de l'environnement et du territoire,
- Argument 4. La contribution à la stratégie de l'entreprise.

Ces arguments ont permis de bâtir les messages de commu-

nication et confirme que **l'appropriation des VE/IRVE gagne à être accompagnée.**

Dans l'expérimentation, comme dans tout processus de changement, l'appropriation des véhicules électriques a été soumise à une alternance de phases d'enthousiasme, de questionnement voire de rejet. Cela a permis de souligner que l'on oublie trop souvent que l'appropriation d'une innovation, aussi réussie soit-elle, dépend avant tout de facteurs humains, et que l'appropriation sociale a tout intérêt à être accompagnée par une communication spécifique.

Un dispositif de communication d'accompagnement auprès des utilisateurs des VE/IRVE et de leurs managers a été expérimenté sur plusieurs mois. Il découle de connaissances théoriques et pratiques mais aussi des retours d'expérience et des propositions des salariés eux-mêmes sur certaines séquences.



L'appropriation
d'une innovation
dépend
avant tout
de facteurs
humains



Une performance sociale

L'acceptation des véhicules électriques et des infrastructures de recharge est forte : **le véhicule électrique est d'emblée bien perçu**. Son gain écologique par rapport à un véhicule thermique est mis en avant par les salariés. Par ailleurs, il est considéré comme confortable et ergonomique. L'autonomie est cernée et intégrée même si le sujet reste une préoccupation pour les plus longs trajets et pour les usages en situation d'urgence.

En interne, le bilan environnemental reste questionné par rapport au recyclage des véhicules et des batteries, et par rapport à l'origine de l'énergie électrique. La charge intelligente du véhicule pourrait répondre à cette interrogation mais requiert une restitution d'information au conducteur et au manager.

L'expérimentation indique que les utilisateurs se mobilisent en faveur des véhicules et infrastructures en s'appuyant sur quatre grands types d'arguments : l'usage pratique et l'adaptation au métier, le caractère hautement technologique et innovant des VE/IRVE, la mobilisation en faveur de l'environnement et du territoire et enfin la contribution à la stratégie de l'entreprise. Ces arguments ont permis de bâtir les messages de communication.

Ce bilan social éclaire sur la nécessité et la portée d'une communication spécifique d'accompagnement des managers et des utilisateurs, avant et pendant le déploiement des véhicules électriques et des infrastructures de recharge.

Deux grandes observations sont faites :

- L'intérêt d'adapter « la culture du salarié et de son contexte professionnel » à l'intégration des véhicules électriques,
- L'efficacité de la mise en œuvre précoce d'une communication d'accompagnement avec des modalités participatives ascendantes et des phases bien précises.

2.3 Une performance économique

Remplacer des véhicules thermiques par des véhicules électriques est un choix viable si le bilan économique global est favorable à moyen terme. Cette partie précise la comparaison des coûts des deux types de véhicules dans le cadre du projet.

L'analyse économique d'un parc automobile est liée à l'investissement sur les véhicules, aux coûts en énergie associés, et également aux autres postes de coûts d'exploitation tels que l'entretien et la sinistralité. L'approche par le coût complet de possession du véhicule (TCO = Total Cost of Ownership) a été utilisée, pour considérer l'ensemble de ces paramètres.

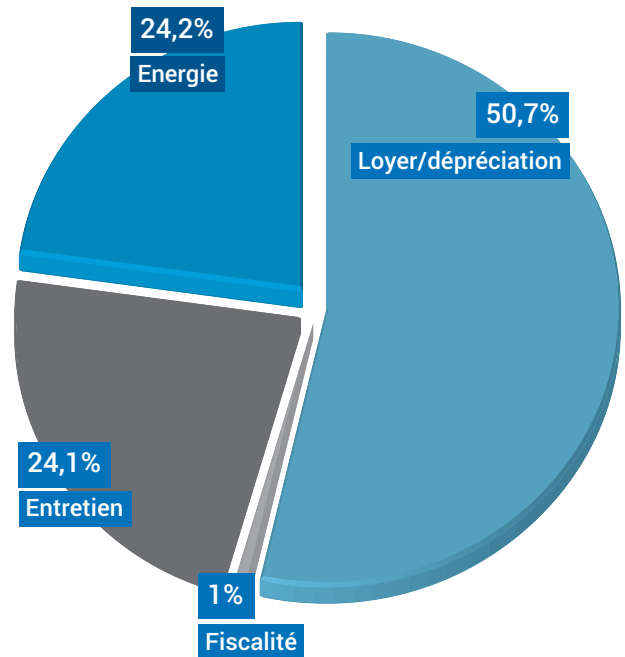
Elle permet de comparer le bilan économique du véhicule électrique à celui du véhicule thermique.

Plusieurs types de TCO peuvent être calculés : un TCO prédictif pour évaluer un coût d'usage prévisionnel du véhicule en fonction d'éléments connus, évalués au départ, ou un TCO réel calculé sur des coûts mesurés en utilisation.

Plusieurs niveaux de TCO peuvent soutenir l'analyse du bilan économique : TCO du véhicule, TCO de l'établissement ou TCO de l'entreprise.

La structure du TCO d'un véhicule thermique est fortement influencée par le type de véhicule (véhicule particulier ou véhicule utilitaire léger) utilisé dans son parc. Le projet s'est intéressé aux véhicules utilitaires légers, les résultats seraient différents avec des véhicules particuliers pour lesquels la fiscalité peut être particulièrement importante (jusqu'à 20%).

#10 TCO d'un véhicule utilitaire léger (VUL) thermique.



Ce résultat se base sur un véhicule moyen français avec l'hypothèse d'un véhicule parcourant 100 000 km sur 48 mois soit 25 000 km/an.

Pour mener à bien le bilan économique, différents types de coûts sont considérés dans le cadre du projet :

• **Les coûts fixes**

Coûts indépendants des usages et du kilométrage réalisé, mais pouvant être payés sur une durée plus ou moins longue (achat ou location) :

- Véhicule,
- Batterie,
- Infrastructure de recharge (un point de charge par véhicule électrique),
- Contrat énergie,
- Fiscalité.

• **Les coûts variables (ou coûts d'exploitation)**

Coûts liés à l'utilisation du véhicule et proportionnels au kilométrage réalisé :

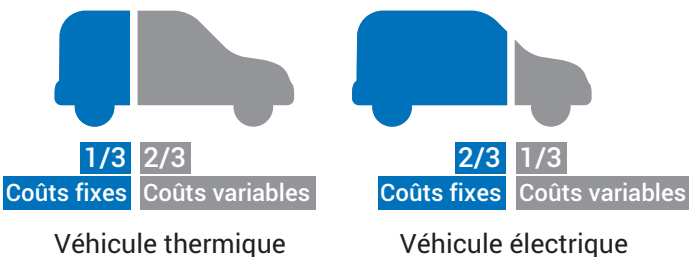
- Énergie (diesel ou électricité),
- Entretien/maintenance,
- Assurance,
- Sinistralité.

2.3.1 Le coût complet véhicule du projet Infini Drive

La comparaison des coûts complets des véhicules électriques et thermiques de type utilitaire léger (3m³) affiche une répartition des coûts avec une part « coûts fixes - coûts variables » inversée :

- Pour le VE, les coûts fixes représentent environ 2/3 du TCO, les coûts variables 1/3. En faisant entrer dans le calcul des coûts fixes, une partie des coûts liés à l'infrastructure, la partie fixe est plus conséquente mais traduit bien l'investissement nécessaire au départ. C'est ce que certains appellent le phénomène d'achat de carburant à l'avance.
- Pour le VT, les coûts fixes représentent environ 1/3 du TCO, les coûts variables 2/3.

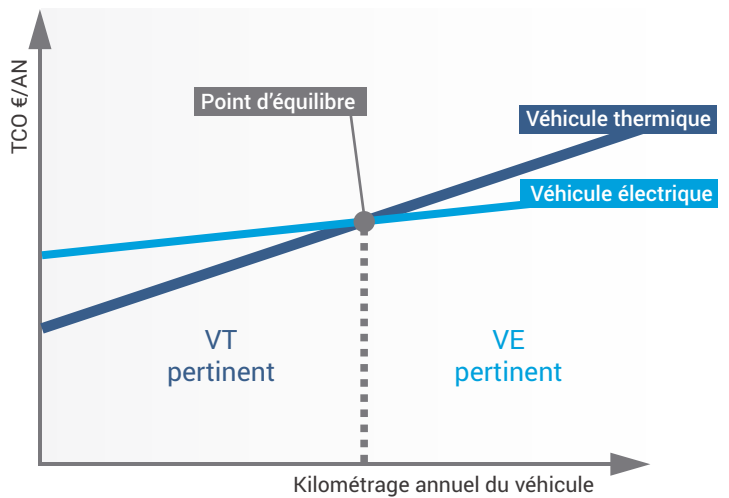
#11 Part des coûts fixes/variables pour les véhicules thermiques et électriques



Si à l'achat, un véhicule électrique reste plus cher qu'un véhicule thermique de taille équivalente, son usage représente néanmoins des gisements de réductions de coûts importants car ses coûts variables sont moindres.

Le schéma qui suit présente la notion de point d'équilibre, kilométrage à partir duquel le véhicule électrique devient pertinent économiquement.

#12 Evolution des TCO des véhicules thermiques et électriques en fonction de la distance annuelle parcourue



Les coûts variables du véhicule électrique, à la différence du véhicule thermique, sont plus stables et s'anticipent mieux.

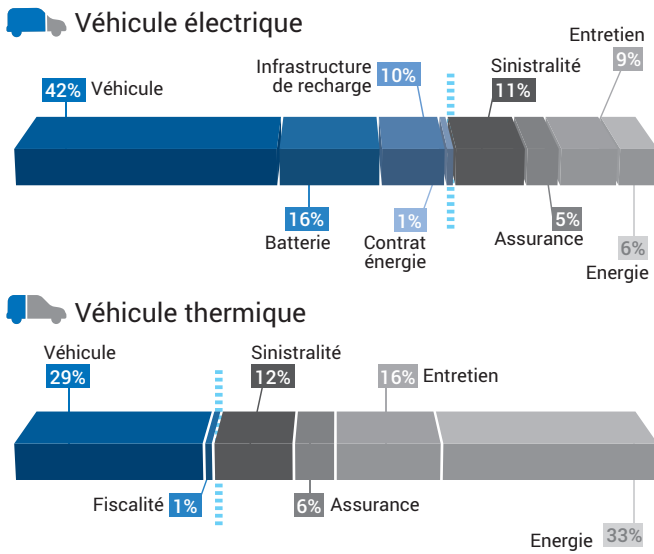
En effet, le principal poste de coûts variables est l'énergie, dont le coût est inférieur pour le véhicule électrique. Dans le coût total du véhicule, la variation du prix de l'électricité a un impact plus limité que la variation du prix du pétrole pour le véhicule thermique. De plus, même s'il est stable ces derniers temps, le prix du pétrole fluctue de façon moins prévisible quand il est considéré sur plusieurs années. Ce n'est pas le cas pour l'électricité, dont l'évolution du prix est plus stable du fait de sa régulation. Cette stabilité aide le gestionnaire de flotte et plus largement l'entreprise ou la collectivité à sécuriser et piloter les coûts.

Le détail des hypothèses considérées pour les entités La Poste et ERDF ainsi que certains coûts spécifiques au véhicule électrique figurent en annexe (► Annexe 10).

Le raisonnement sur les postes de coûts précédents est réalisé sur des données projets ou à défaut sur des moyennes nationales. Les résultats peuvent varier en fonction de l'entreprise, du site ou du type de véhicule concerné.

Les structures de coûts ont été obtenues à des kilométrages spécifiques avec des périmètres et hypothèses qui diffèrent entre La Poste et ERDF. En moyenne, pour les véhicules utilitaires légers thermiques et électriques utilisés sur le projet, le résultat est le suivant :

#13 Répartition des coûts pour les véhicules électriques et thermiques



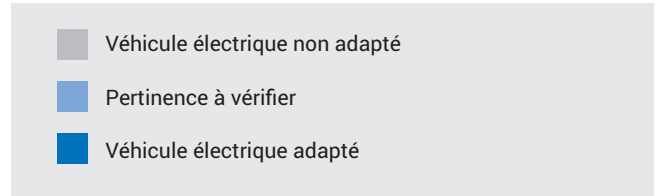
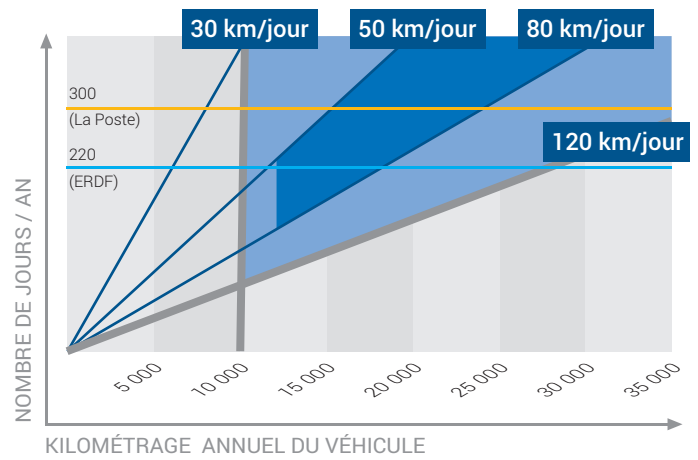
Suivant les hypothèses considérées dans les entités La Poste et ERDF, les coûts énergétiques représentent environ 6% du TCO pour le véhicule électrique (16% avec les coûts liés à l'infrastructure de recharge) comparé aux 33% pour le véhicule thermique. Les coûts calculés n'incluent pas les éventuels changements d'abonnement ou travaux nécessaires qui sont intégrés dans les coûts d'infrastructure.

Les coûts d'infrastructure de recharge atteignent en moyenne 10% du TCO et varient entre 5 et 15% (selon les hypothèses, organisations et configurations considérées).

Le retour d'expérience met en évidence une zone d'usage appropriée pour le véhicule électrique. En effet le véhicule élec-

trique nécessite de rouler assez pour être compétitif par rapport au véhicule thermique dans la limite de son autonomie. Les plages de fonctionnement qui favorisent l'atteinte d'un bilan économique positif sont données ci-après.

#14 Pertinence du VE en fonction de son usage (quotidien / annuel)



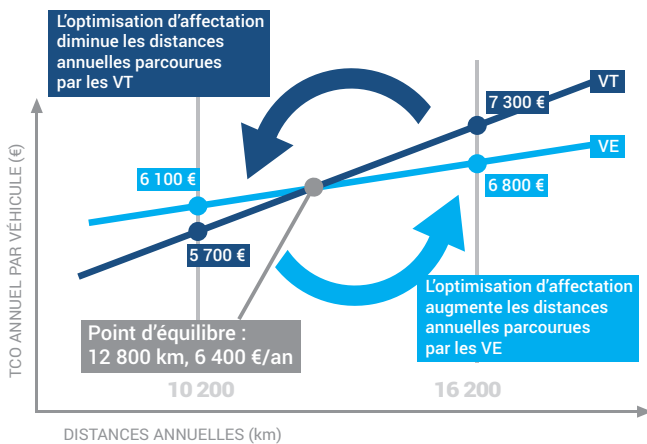
Plus le véhicule sera utilisé fréquemment (en nombre de jours par an) et avec des kilométrages importants, plus il sera compétitif face au véhicule thermique. En effet, une entreprise faisant rouler ses véhicules tous les jours de l'année (365 jours/an) aura plus de marge de manœuvre sur le kilométrage journalier pour justifier le choix du véhicule électrique. Les entreprises La Poste et ERDF effectuent des kilométrages réguliers avec une utilisation fréquente favorable au choix du véhicule électrique.

2.3.2 L'amélioration du TCO obtenue par l'affectation des véhicules et les politiques de recharge

Les gains économiques obtenus ne concernent pas uniquement la recharge des véhicules mais également l'organisation de la flotte avec une affectation pertinente des véhicules aux tournées. Des algorithmes spécifiques ont été développés par les académiques pour prendre en compte le cas des flottes mixtes VE/VT. Il est à noter que les coûts supplémentaires induits par le prototype élaboré (plateforme d'intermédiation, équipements de mesure complémentaires...) ne sont pas représentatifs des coûts réels d'une solution industrielle commercialisable. Les bilans présentés n'en tiennent donc pas compte.

L'optimisation de l'affectation entre VE et VT a une incidence directe sur le TCO du véhicule. L'analyse du TCO d'un véhicule électrique « type » permet d'observer que les distances moyennes journalières parcourues par les VE sont multipliées entre 1,4 et 2 grâce à l'optimisation de l'affectation des véhicules de la flotte aux tournées. L'optimisation permet d'améliorer les gains économiques entre le TCO moyen d'un VT et celui d'un VE de 3 à 4 euros par jour.

#15 Analyse comparative du TCO d'un VE et d'un VT d'un véhicule moyen Infiniti Drive et gain par l'optimisation d'affectation



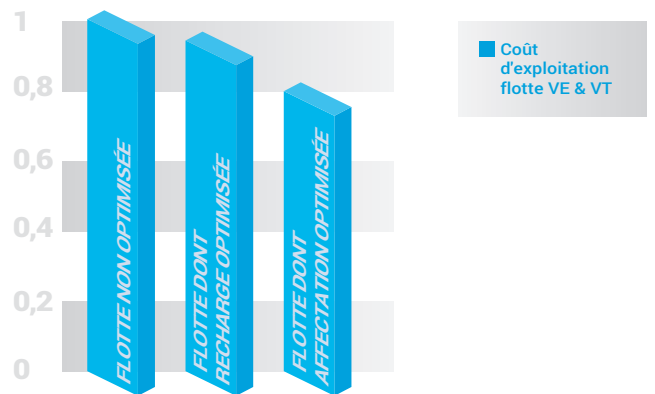
Alors que le TCO d'un véhicule thermique est très sensible aux distances parcourues (entre 5700 et 7300 € de coût total annuel), celui du véhicule électrique est resserré (entre 6100 et 6800 € de coût total annuel).

Pour une flotte mixte de véhicules électriques et véhicules thermiques, l'optimisation de l'affectation tendra à augmenter les distances des véhicules électriques et diminuer celle des véhicules thermiques pour permettre des gains conséquents.

L'optimisation de l'affectation entre VE et VT, combinée à une optimisation de la recharge, présente un impact encore plus important sur le TCO de l'établissement. Pour cette partie, le TCO est analysé à échelle de l'établissement (La Poste ou ERDF) : il s'agit du coût total des véhicules d'un site qui comprend à la fois des véhicules thermiques et des véhicules électriques.

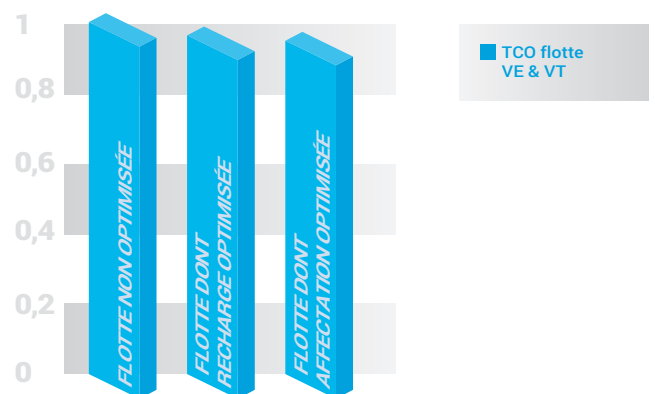
L'optimisation de l'affectation des véhicules thermiques et électriques aux tournées, c'est-à-dire la meilleure affectation trouvée pour réaliser avec un parc donné les prestations du lendemain, a permis des gains sur les coûts variables de l'établissement entre 7% et 35% respectivement pour ERDF et La Poste (17% en moyenne). L'optimisation des consignes de charge à appliquer aux véhicules électriques a permis quant à elle jusqu'à 14% de gains sur les coûts d'exploitation de l'établissement.

#16 Gains sur les coûts d'exploitation de l'établissement par l'optimisation de la recharge et l'optimisation de l'affectation comparés à une recharge et une affectation non optimisées



D'après les coûts fixes moyens de la flotte des sites tests, l'optimisation de l'affectation a permis des gains sur le TCO de l'établissement entre 3% et 7%.

#17 Gains sur le TCO par l'optimisation de la recharge et l'optimisation de l'affectation



L'optimisation de l'affectation des tournées apporte plus de gains qu'une optimisation de la recharge.

Les effets induits d'une optimisation de la recharge des véhicules sur un établissement

Dans certains cas, le pilotage de la recharge permet de réduire les abonnements d'électricité ou d'éviter des travaux de renforcement dans le cas où le changement de contrat d'électricité est nécessaire (passage du tarif bleu au tarif jaune par exemple). Un changement de tarif est une situation de rupture qui peut avoir un impact économique non négligeable : lors d'un changement de contrat de fourniture d'électricité, les travaux de renforcement peuvent représenter entre 3 000 et 10 000 €.

Les effets correspondants n'ont pas été pris en compte dans les résultats précédents. L'exemple d'un site pilote permet d'illustrer les gains du pilotage de la recharge.

Coût de l'énergie consommée :

piloter la recharge pour diminuer les coûts variables.

Pour un site qui connaissait des dépassements d'appel de puissance, le pilotage de la recharge a permis de baisser la puissance maximale appelée par les véhicules électriques de 36 kVA à 25,3 kVA, soit de 30%. Pour ce cas, éviter les dépassements (facturés 13,83 €/h pour le tarif jaune) s'est traduit par une baisse de 80% du coût de la recharge (2% de gain sur le TCO de la flotte de VE et VT).

Coût de l'abonnement électrique :

piloter la recharge pour baisser les coûts fixes.

Pour ce même site, le pilotage de la recharge a permis de réduire la puissance maximale appelée du site de 42 kVA à 31 kVA, et donc de passer d'une puissance souscrite au tarif jaune de 42 kVA à une puissance souscrite au tarif bleu de 36 kVA. Ceci se traduit par des gains économiques de l'ordre de 60% sur l'abonnement électrique (1% de gain sur le TCO de la flotte de VE et VT).

Le coût de l'énergie représentant 6% du TCO d'un VE et l'abonnement électrique 1% du TCO d'un VE, le pilotage de la recharge peut permettre des gains sur le TCO de la flotte de VE et de VT jusqu'à 3% (2% sur le coût de la recharge et 1% sur l'abonnement électrique).

Tarifs bleu/jaune :

Tarifs de fourniture proposés par EDF, choisis par les sites étudiés. Plus généralement, pour l'ensemble des fournisseurs d'électricité, cela correspond respectivement aux offres de fourniture pour une installation Basse tension de puissance inférieure à 36 kVA / Basse tension de puissance supérieure à 36 kVA.



Plus le véhicule sera utilisé fréquemment, plus il sera compétitif face au véhicule thermique.



Une performance économique

Le bilan économique d'un véhicule électrique est fortement dépendant du périmètre pris en compte pour le calcul des coûts, mais aussi des usages du véhicule. Les véhicules électriques présentent la particularité d'avoir des coûts fixes plus importants que les coûts variables. Parmi les coûts variables, les coûts énergétiques du véhicule électrique sont plus faibles (6% du coût total du véhicule) que ceux du véhicule thermique (35% du coût total du véhicule).

L'analyse confirme une répartition de coût qui oppose le véhicule électrique au véhicule thermique. La répartition de 2/3 en coûts fixes et 1/3 coûts variables pour le véhicule électrique est un atout : d'une part, le coût global du véhicule sera plus stable et plus facile à prévoir, d'autre part, le bilan économique de ce dernier est meilleur que celui du véhicule thermique s'il roule suffisamment.

L'existence d'un point d'équilibre, kilométrage annuel à partir duquel le véhicule électrique devient pertinent économiquement, symbolise ce constat.

Le challenge pour améliorer le bilan économique du véhicule électrique est de le faire rouler suffisamment conformément aux possibilités qu'offre son autonomie.

L'optimisation de l'affectation des véhicules en amont permet d'augmenter le nombre de kilomètres réalisés en véhicule électrique et donc améliore de facto le bilan économique. L'optimisation de la recharge permet quant à elle des gains plus limités compte tenu du coût moindre de l'énergie électrique à ce jour mais présente un intérêt non négligeable pour des sites sous contraintes d'abonnement ou encore nécessitant des travaux de renforcement électrique.

2.4 Une performance environnementale

L'analyse environnementale permet de comparer dans un premier temps le bilan environnemental du véhicule électrique à celui du véhicule thermique et dans un second temps, celui d'une flotte de véhicules électriques chargés de façon standard avec une flotte chargée avec un dispositif Infini Drive, c'est-à-dire en cherchant l'optimisation.

L'analyse environnementale évalue plusieurs critères :

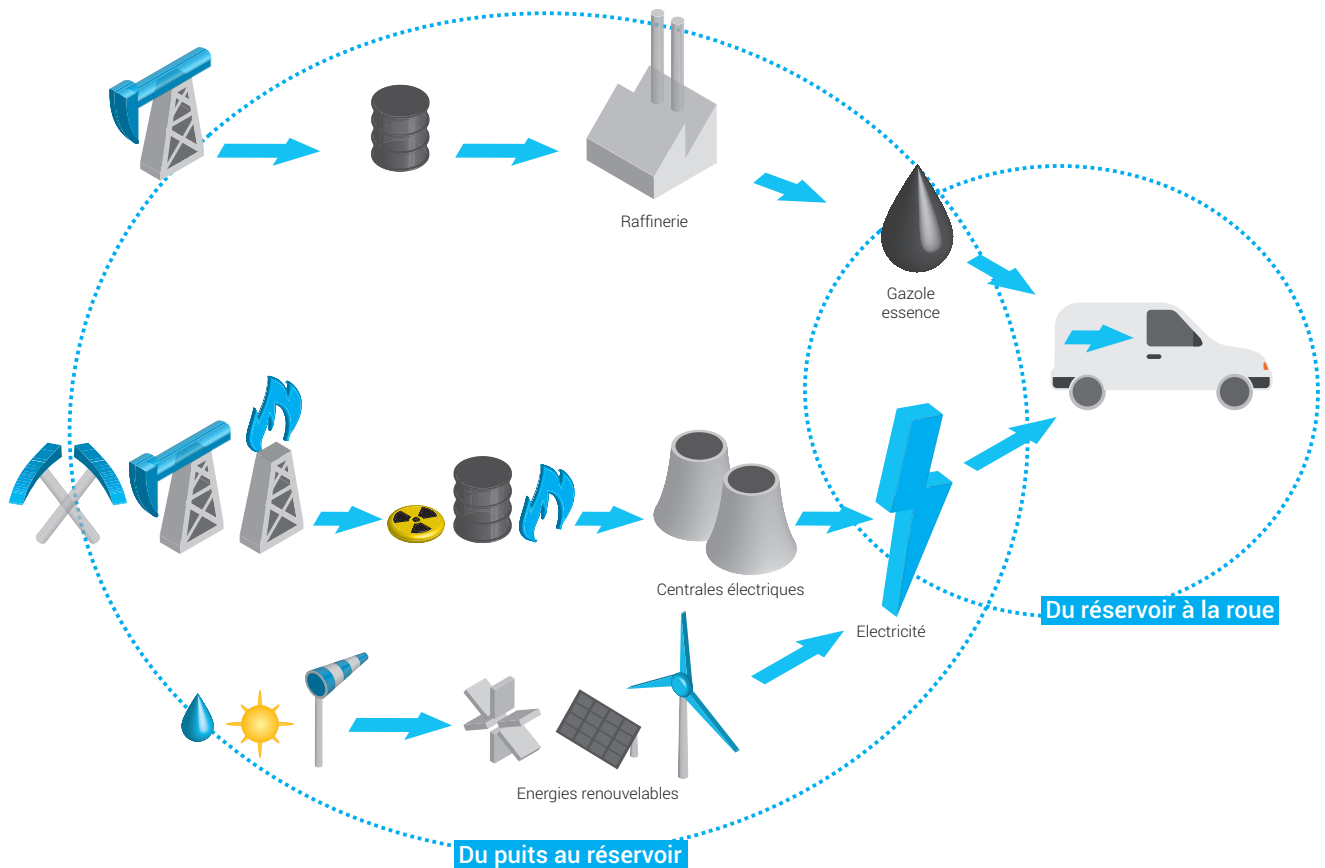
- Les émissions de gaz à effets de serre (émissions de CO₂ principalement),
- Les émissions de polluants atmosphériques : NO_x, CO, particules et COVNM,
- L'efficacité énergétique.

Pour les gestionnaires de flotte, le bilan environnemental peut être un motif de choix du véhicule électrique. L'intelligence des bornes qui gère l'origine de l'électricité peut également contribuer à l'amélioration du bilan environnemental. Ces arguments sont particulièrement importants pour la responsabilité sociétale et la notation extra-financière de l'entreprise ou de la collectivité.

Pour les utilisateurs, l'argument environnemental de l'usage du VE en milieu urbain est facilement mis en avant par comparaison avec le véhicule thermique. Il est associé, notamment, aux gains en matière de pollution de l'air (impact visuel et odorant repéré dans les garages ou les rues de centre-ville), et à l'image positive relevée par les passants ou encore à l'absence de bruit pour les riverains. Pour les plus avertis, le déploiement de véhicules électriques s'accompagne cependant de questions sur le recyclage et la valorisation de ses constituants (batterie) et sur l'origine de l'électricité.

Précision : les véhicules électriques utilitaires légers utilisés dans l'expérimentation sont les premiers véhicules issus de chaînes de production industrielle, alors que les véhicules thermiques utilisés dans la comparaison ont bénéficié des travaux de recherche d'optimisation depuis plusieurs décennies. Il en est de même dans l'étude de l'ADEME. Le bilan environnemental des véhicules électriques pourra être amélioré dans les années à venir.

#18 Descriptif de la phase d'usage étudiée dans le cadre du projet Infini Drive



L'entreprise ou la collectivité qui utilise les véhicules électriques intervient et peut agir, uniquement au niveau de la phase d'usage. Aussi, seule cette phase a été étudiée dans le cadre du projet Infini Drive. En complément des résultats de la phase d'usage, des éclairages sont donnés dans cette partie sur l'ensemble du cycle de vie (intégrant la fabrication du véhicule et sa fin de vie) en se basant sur l'étude de l'ADEME parue en novembre 2013. Cette étude utilise la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) pour recenser les impacts environnementaux des véhicules électriques et thermiques.

Les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques sont à considérer sur l'ensemble du cycle de vie du véhicule électrique, pour le comparer au véhicule thermique : de l'extraction des combustibles à leur combustion (phase d'usage du "puits à la roue") et sur la phase de fabrication du véhicule et sa fin de vie.

2.4.1 L'impact sur le réchauffement climatique

Des gains liés à l'utilisation du véhicule électrique, l'affectation des véhicules et le pilotage de la recharge sont observés.

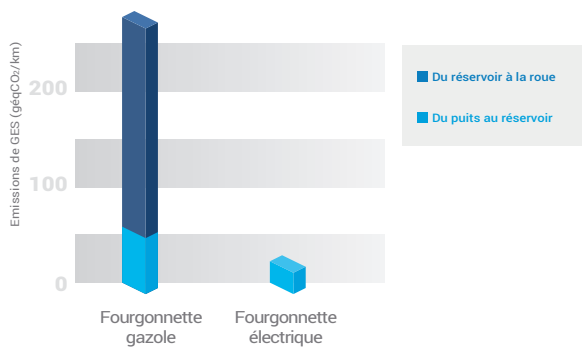
Note méthodologique : le choix du type de facteur d'émission dépend du système à analyser. Il existe plusieurs façons de comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre engendrées par l'utilisation de l'électricité pour la recharge des véhicules électriques. Les facteurs d'émissions, selon les périmètres considérés, peuvent varier de 30 à 930 g_{éq}CO₂/kWh.

Pour comparer les émissions entre le véhicule électrique et le véhicule thermique, un facteur d'émissions moyen annuel a été retenu tenant compte des émissions de GES du puits à la roue, et des imports et exports d'électricité. Pour comparer les différentes politiques de recharge journalières et hebdomadaires entre elles, un facteur d'émissions horaire sur la base des données RTE a été retenu.

► *Annexe 11 : justification du choix du type de facteur d'émissions.*

Sur la phase d'usage, en prenant en compte la chaîne énergie du puits à la roue¹, la substitution d'un véhicule fonctionnant au gazole par un véhicule de même catégorie à motorisation électrique, a permis de diviser entre 10 et 12 fois les émissions de gaz à effet de serre (GES), toutes choses égales par ailleurs (distance parcourue, type de parcours...).

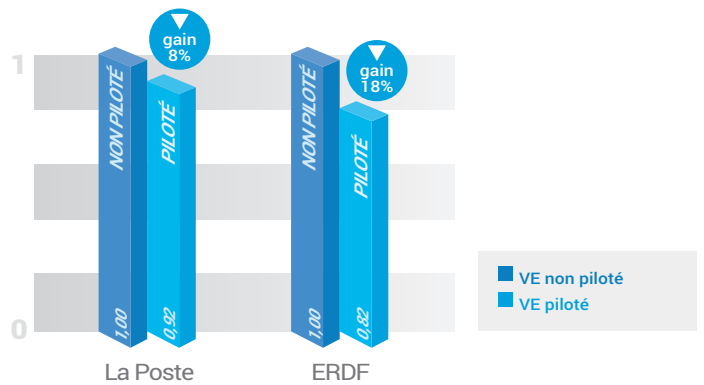
#19 Emissions de GES du puits à la roue des véhicules utilitaires légers conventionnels et électriques des sites tests La Poste et ERDF



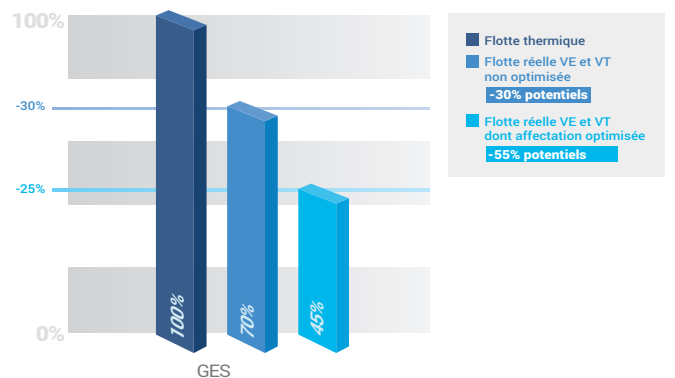
Suivant une approche du facteur d'émissions moyen horaire, pour un site de La Poste, la mise en œuvre de recharges en heures creuses pour les véhicules en modes 2 et 3, avec une autorisation de la recharge méridienne, a permis de diminuer les émissions de CO₂ des VE de 8% par rapport à une recharge sans prise en compte des heures creuses.

Pour les sites ERDF, la mise en œuvre de recharges en heures creuses avec une autorisation de la recharge méridienne a permis de diminuer les émissions de CO₂ des VE de 18% par rapport à une recharge non pilotée. Ces gains s'ajoutent aux résultats ci-dessus.

#20 Gains en termes d'émissions de CO₂ par le pilotage de la recharge sur les sites tests La Poste et ERDF



#21 Gains potentiels sur les émissions de GES par l'intégration de véhicules électriques et l'optimisation de l'affectation des véhicules



1 - D'après les observations des consommations des véhicules des sites tests (450 véhicules 4 roues thermiques et 90 véhicules 4 roues électriques sur une période de 3 à 6 mois)

2.4.2 L'impact sur la qualité de l'air

Pour rappel, le secteur du transport routier en France est responsable en 2012¹ de :

- 54% des émissions d'oxydes d'azote,
- 14% des émissions françaises de particules d'un diamètre inférieur à 10 micromètres et 17% des émissions françaises d'un diamètre inférieur à 5 micromètres,
- 13% des émissions françaises de monoxyde de carbone,
- 10% des émissions françaises d'émissions de composés organiques volatils.

Par ailleurs, le dioxyde de soufre (SO₂) émis par le raffinage du pétrole, représente 17% des émissions nationales en France en 2012 et la production d'électricité 23% des émissions nationales en France en 2012.

La pollution de l'air est responsable d'asthme, bronchites, cancer des poumons, mais aussi de pathologies cardio-vasculaires et du système reproducteur².

(► Annexe 11 le contexte français lié à la qualité de l'air)

Sur la phase d'usage du puits à la roue³, des gains sont constatés : le véhicule électrique émet moins de CO, NO_x, SO₂, COVNM et PM_{2,5-10} que le véhicule thermique diesel, que ce soit dans les conditions d'usage de La Poste ou d'ERDF. La différence d'émissions de NO_x entre les véhicules thermiques

La Poste et ERDF s'explique par la différence de vitesse d'évolution moyenne de ces véhicules (10 km/h pour La Poste et 20 km/h pour ERDF).

Pour les particules PM_{2,5}, le manque de données à disposition et leur niveau d'incertitude, ne permettent pas de conclure. Des études complémentaires seraient nécessaires.

Enseignements de l'étude de l'ADEME :

Sur l'ensemble du cycle de vie, le véhicule thermique émet plus de CO, NO_x et de COVNM que le véhicule électrique puisque ces polluants sont présents dans les gaz d'échappement.

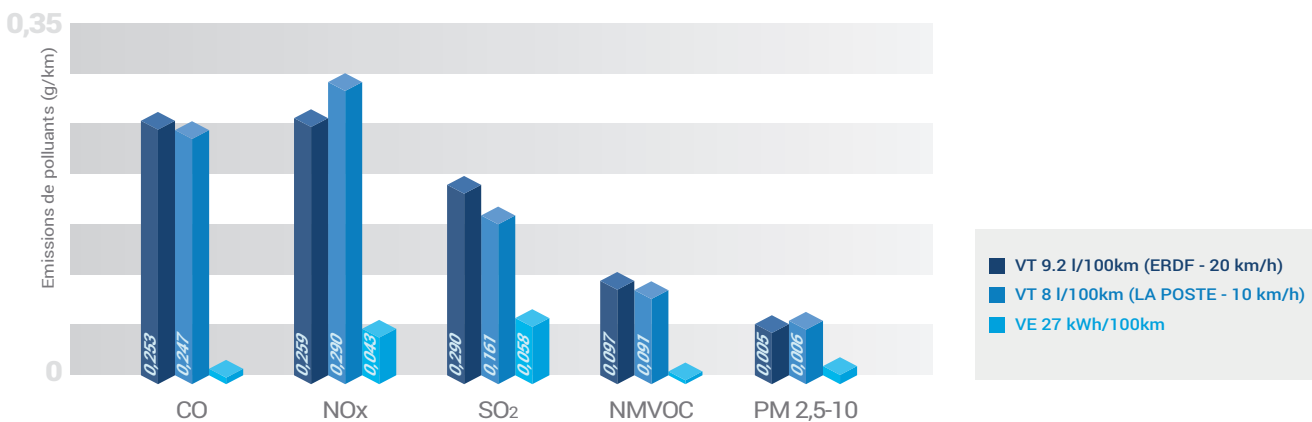
A contrario le véhicule électrique émet plus de :

- SO₂, du fait de l'usage de l'électricité et des émissions qui interviennent lors de l'extraction des matières premières nécessaires à la batterie. La différence avec le véhicule thermique s'explique aussi par la désulfuration des carburants automobiles (gazole et essence) opérée depuis les années 90. Une évolution des batteries peut inverser ce résultat.

- Particules de diamètre compris entre 2,5 et 10 µm, du fait des matériaux intervenant dans la fabrication de la batterie à ce jour.

- De radioactivité dans l'eau et dans l'air, du fait de l'importance du nucléaire dans le bouquet électrique français.

#22 Emissions de polluants atmosphériques des véhicules électriques suivant différents niveaux de consommations et des véhicules au gazole, du puits à la roue



1 - Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France, CITEPA, Avril 2014

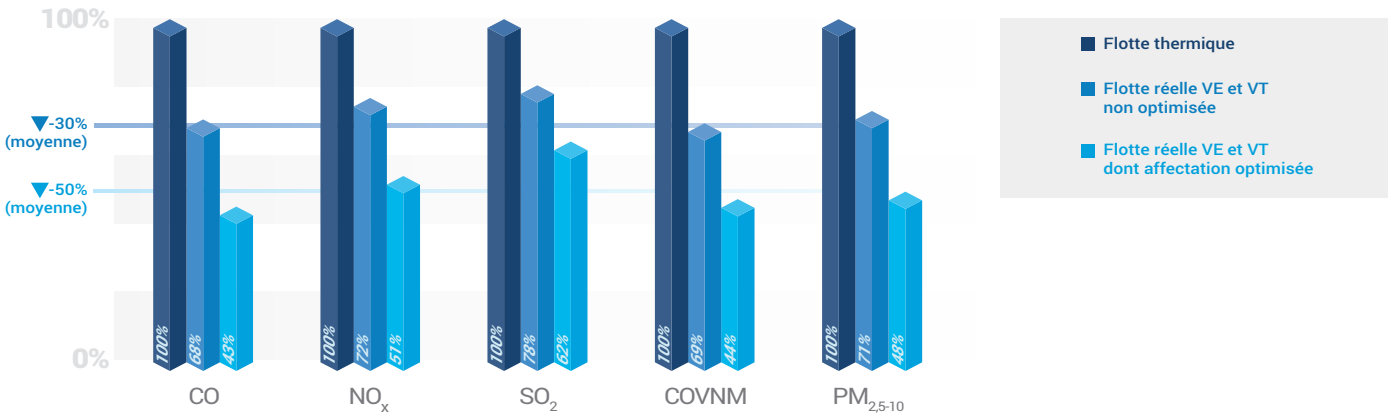
2 - Pollution de l'air et santé : le coût pour la société, Commissariat Général du Développement Durable, Octobre 2013

3 - D'après les observations des consommations des véhicules des sites tests (450 véhicules 4 roues thermiques et 90 véhicules 4 roues électriques sur une période de 3 à 6 mois)

Au niveau de la flotte, en substituant aux véhicules thermiques des véhicules électriques qui peuvent réaliser les tournées aux bornes de leur autonomie, le bilan environnemental sur la phase d'usage du puits à la roue est amélioré. Sur les sites tests, dont **33% des distances sont parcourues par des véhicules électriques**, les **émissions sont réduites en moyenne**

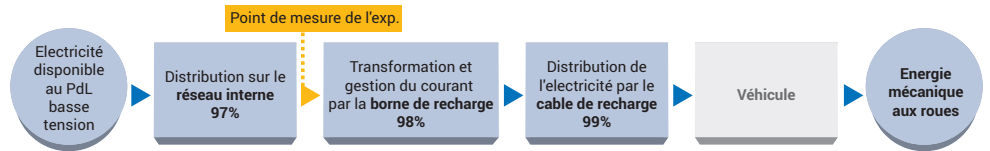
de 30% comparé à un site qui réalise l'ensemble de ses tournées avec des véhicules thermiques. L'optimisation de l'affectation des véhicules électriques et thermiques des sites tests permet aux véhicules électriques de parcourir 20% de kilomètres en plus et permet donc de réduire en moyenne les émissions de 20%.

#23 Gains obtenus par polluant par l'intégration de véhicules électriques dans une flotte et par optimisation de l'affectation des véhicules

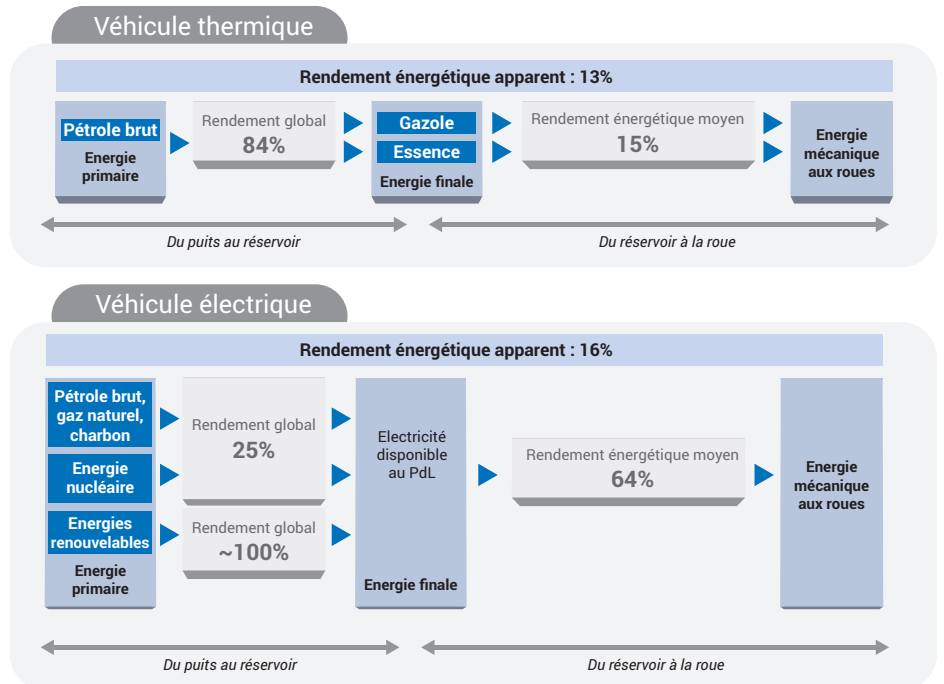


2.4.3 Le bilan d'efficacité énergétique

#24 Rendement énergétique observé sur les sites tests



#25 Rendement énergétique de la filière électrique et carburant fossile du puits à la roue



Sur l'ensemble des 12 sites tests, les rendements énergétiques ont été globalement observés sur chaque élément du point de livraison jusqu'à la prise de recharge du véhicule.

Selon certaines hypothèses concernant le rendement du véhicule, le rendement énergétique apparent sur la phase d'usage du puits à la roue du véhicule électrique est meilleur que celui du véhicule thermique (16% contre 13%). Sur la phase du puits au réservoir, le rendement énergétique du véhicule thermique est meilleur que le véhicule électrique. Ceci s'explique par les faibles rendements des centrales thermiques (de 33% pour le nucléaire à 58% pour les turbines à gaz¹). Sur la phase du réservoir à la roue, le rendement du véhicule électrique est meilleur, grâce au moteur électrique qui présente un rendement aux alentours de 90% nettement supérieur à celui du moteur thermique, qui est en moyenne de 15%².

Le résultat de la comparaison du bilan énergie du véhicule électrique et de celui du véhicule thermique dépend des conditions d'usage des véhicules (fréquence des arrêts, vitesse...) et des conditions d'utilisation (dénivelé, type de conduite, utilisation des auxiliaires électriques...). Il ne peut y avoir de conclusions générales et cela sera à apprécier au cas par cas. Cependant, pour limiter l'impact sur la demande d'énergie primaire du véhicule électrique, une flotte captive peut sur la phase d'usage :

- Limiter la consommation d'électricité du véhicule et de ses auxiliaires, par la limitation du volume d'habitacle à chauffer dans le cas d'un chauffage électrique, par un moindre recours au chauffage et bien sûr par la mise en place de formations à l'écoconduite.
- Choisir d'utiliser une électricité produite davantage à partir d'énergies renouvelables (rendement énergétique de 100%) pour améliorer le rendement énergétique du véhicule électrique.
- Favoriser l'utilisation du VE par rapport au VT en optimisant l'affectation des véhicules.

La flotte captive peut aussi agir indirectement sur :

- La phase de fabrication, limiter le nombre de batteries utilisées pendant la durée de vie du véhicule en préservant la batterie, par un pilotage de la recharge intelligent (par exemple, sur la base de recommandations transmises par les constructeurs).
- La revente du véhicule électrique en s'assurant d'un usage maximisé du véhicule.

2.4.4 Les autres impacts environnementaux

L'étude de l'ADEME a permis d'évaluer les flux de matières tout au long du cycle de vie du véhicule et de les traduire en impacts environnementaux :

- Epuisement des ressources fossiles,
- Création d'ozone photochimique qui est à l'origine des smogs et qui accentuent l'effet de serre,
- Eutrophisation de l'eau due aux émissions de NO_x qui peut causer un déséquilibre dans les écosystèmes aquatiques qui peut se manifester par un surplus d'algues,
- Potentiel d'acidification : due principalement aux émissions de SO₂ et de NO_x dans l'atmosphère et à l'origine des pluies acides, qui peuvent se traduire par une perte d'éléments minéraux nutritifs pour les arbres et la végétation.

Enseignements de l'étude de l'ADEME :

Le véhicule électrique a un impact plus faible comparé au véhicule thermique sur :

- *l'épuisement des ressources fossiles (ne prend pas en compte les ressources nucléaires pour des raisons méthodologiques),*
- *la création d'ozone photochimique,*
- *l'eutrophisation de l'eau (valable uniquement sur le Diesel).*

Le véhicule électrique a un impact plus important sur le potentiel d'acidification que le véhicule thermique.

1 - Well-To-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, 2013
2 - Source : IFP Energies Nouvelles

Une performance environnementale

L'étude environnementale du véhicule électrique comparativement au véhicule thermique est à considérer sur l'ensemble du cycle de vie du véhicule, en tenant compte des phases de fabrication, d'usage et de fin de vie.

Sur l'ensemble du cycle de vie, avec le mix électrique français actuel, le véhicule électrique présente un meilleur bilan environnemental que le véhicule thermique, à l'exception du potentiel d'acidification et d'eutrophisation de l'eau (uniquement dans le cas du véhicule essence), et de la radioactivité dans l'eau et dans l'air.

Le bilan environnemental sur la phase d'usage du véhicule électrique dépend fortement des sources de production d'électricité : le mix électrique français, lié au nucléaire et peu carboné, est favorable au véhicule électrique. La France s'est engagée à augmenter la part d'énergies renouvelables dans le mix électrique, ce qui améliorera davantage le bilan environnemental du véhicule électrique.

La phase de fabrication du véhicule électrique présente un impact environnemental plus important (quel que soit l'impact environnemental considéré, essentiellement dû à la phase de fabrication de la batterie) que le véhicule thermique.

En France, la phase d'usage du véhicule électrique présente un bilan environnemental nettement meilleur que le véhicule thermique.

Une corrélation apparaît avec l'évolution du TCO (Total Cost of Ownership) entre le véhicule électrique et le véhicule thermique : le véhicule électrique a intérêt à rouler suffisamment afin d'avoir un TCO et des impacts environnementaux équivalents, voire meilleurs au véhicule thermique.

► Annexe 11 : graphiques A14 et A15.

“

Le mix électrique français, peu carboné et s'orientant vers plus d'énergies renouvelables, est favorable au bilan environnemental du véhicule sur la phase d'usage.

”

3.

Les préconisations pour déployer des véhicules électriques

Dans cette partie, des préconisations à l'attention des entreprises et collectivités sont présentées pour aider à un déploiement réussi de véhicules électriques et de leurs infrastructures.

Une première préconisation est de bien préparer le déploiement : certains diagnostics préalables aideront à prévenir ou anticiper d'éventuelles difficultés.
[▶ Chap. 3.1]

Pour le système de charge à mettre en place, les préconisations dépendent du cas d'usage du gestionnaire concerné et des contraintes d'activité qu'il gère : les cas d'usage sont précisés selon 4 familles d'usage qui déterminent 4 familles d'architecture technique de recharge des véhicules électriques.
[▶ Chap. 3.2]

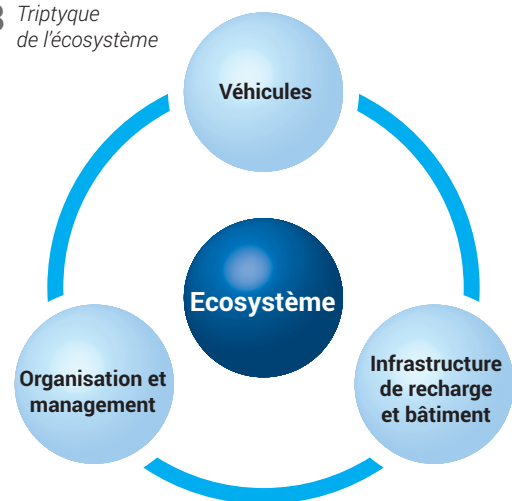
Selon ces architectures, différentes façons de recharger le véhicules peuvent être envisagées, il s'agit des politiques de recharge.
[▶ Chap. 3.3]

Une fois le système mis en place, certains axes d'améliorations sont à préciser.
[▶ Chap. 3.4]

Pour un déploiement accepté et porteur de sens, le gestionnaire peut également considérer la communication autour du projet de déploiement de véhicules électriques, dont l'accompagnement du salarié et du management.
[▶ Chap. 3.5]

Toute organisation est amenée à réaliser son activité dans une logique de respect des budgets et des délais. L'usage et la constitution d'une flotte de véhicules sont susceptibles d'être modifiés par des prises de décisions stratégiques et/ou tactiques pour optimiser les investissements et les coûts d'exploitation d'une organisation. A TCO équivalent le choix peut se porter sur l'introduction de véhicules électriques. Le pilotage des activités opérationnelles va alors être impacté par cette décision.

#28 *Triptyque de l'écosystème*



L'usage de véhicules en situation professionnelle évolue dans le triptyque : véhicules - infrastructures – organisation et chacun des maillons porte un ensemble d'opportunités et de contraintes.

Dans le cas d'un déploiement de véhicules électriques, garantir l'équilibre et l'intérêt économique est primordial.

Concernant les véhicules, les réflexions sur les déplacements couverts, les kilomètres parcourus (dans le cadre d'audits de flotte ou de plans de déplacements) permettent d'identifier les déplacements et les usages éligibles aux véhicules électriques. Cette étape est indispensable pour affecter et utiliser au mieux les véhicules déployés en garantissant ainsi :

- Un usage suffisant des véhicules électriques pour compenser leur coût à l'achat et les coûts des infrastructures de recharge ;
- Un usage s'inscrivant dans la limite de l'autonomie réelle des véhicules.

C'est un premier optimum à atteindre.

Pour les infrastructures, des diagnostics préalables sur l'énergie et les installations, déterminent les cas de figure envisagés. Selon ces cas, il n'est pas nécessaire de mettre en place un système complexe d'infrastructure de recharge. Du cas le plus simple au plus complet, l'infrastructure de recharge à mettre en place requiert des fonctionnalités complémentaires et donc d'autres équipements à installer et coordonner.

Les outils de pilotage de l'infrastructure et la diversité d'informations issue des véhicules et du système mis en place seront à considérer. A cela s'ajoute la prise en compte du fonctionnement des organisations : la variabilité, la quantité d'informations et la survenue d'aléas multiplient les situations rencontrées et peuvent nécessiter l'appui d'outils d'aide à la décision.

Une fois ces équipements choisis et dimensionnés au plus juste, la recharge intelligente démontre sa pertinence par l'optimisation du coût de la recharge (coût d'exploitation) et la diminution de l'impact environnemental.

3.1

Préparer le déploiement de véhicules électriques

Mettre en œuvre une installation adaptée et fonctionnelle dès le départ offre une meilleure acceptation et permet de réaliser des économies dans le temps du fait d'un moindre besoin de remplacement et de moindres ajustements. Pour cela, il est conseillé de réaliser un diagnostic préalable à l'arrivée des véhicules électriques et à l'installation de l'infrastructure. Le diagnostic permet de s'assurer que le site et l'organisation au sens large sont prêts pour accueillir les véhicules électriques.

Ce diagnostic prend notamment en considération :

- Les **besoins en énergie** du site (les points de charge...) et les coûts induits par les travaux envisagés (avec anticipation sur les évolutions possibles),
- Les **installations et leur configuration** (les places de stationnement...),
- L'**usage et la gestion métier** qui seront déterminés par l'activité concernée et la flotte de véhicules déployée.

Pour chacun de ces points, une attention particulière sera à accorder à la sécurité des personnes.

3.1.1 Le diagnostic énergie

La puissance souscrite

La première question qui se pose pour le diagnostic énergie est de savoir si la puissance souscrite du site considéré est suffisante ou non pour la recharge des véhicules. Le diagnostic permettra de poser la question de l'abonnement électrique, de la puissance souscrite ainsi que du fonctionnement du site et de la puissance disponible pour la charge. Un changement de contrat peut être envisagé. Dans le cas de site avec des activités fortement consommatrices ou pour de grands parcs de véhicules électriques sur un même site, une courbe des besoins énergétiques autres que les véhicules électriques peut être établie pour caler la politique de charge du site.

La sécurité électrique

Même si dans le cadre de bâtiments de secteur tertiaire, l'employeur est tenu de faire vérifier chaque année la qualité de fonctionnement de son installation par un organisme de contrôle, un diagnostic de ses capacités est souhaitable. Un site qui n'aurait pas dimensionné correctement son installation pourrait disjoncter ce qui empêche la recharge des véhicules et met en difficulté la bonne réalisation des prestations. Cette situation, non rencontrée dans le cadre du projet, peut engendrer pour une entreprise un impact coûteux en termes de qualité de service.

► Annexe 13 : cahier des charges fonctionnel pour la fourniture d'électricité

3.1.2 Le diagnostic bâtiment

Les coûts d'installation des infrastructures de recharge dépendent de différents critères. Comme indiqué dans le bilan économique, les coûts d'infrastructure de recharge représentent en moyenne 10% du TCO (et varient entre 5 et 15%). Un diagnostic fin des sites et bâtiments permet d'anticiper les travaux et installations et de mieux maîtriser les coûts :

- Le diagnostic considèrera l'emplacement des véhicules et des zones de stationnement dans le site. L'ensemble des infrastructures de stationnement et les parties concernées du bâtiment feront l'objet d'un diagnostic pour limiter au maximum les investissements inutiles. Il s'agit de considérer en premier lieu les travaux tels la tranchée pour la pose des câbles et le dimensionnement de ceux-ci. Une bonne anticipation des besoins permet la pose d'un câble bien dimensionné dès le départ.
- L'emplacement des véhicules sera adapté aux usages afin de faciliter la vie des conducteurs. Certains équipements seront amenés à s'user plus rapidement comme par exemple les derniers 10 mètres de câble électrique pour la recharge des véhicules. Il est conseillé de disposer d'un câble d'une longueur suffisante pour permettre sa bonne manipulation et également de prévoir un équipement pour les ranger (enrouleur...).

La sécurité et l'ergonomie de la configuration des installations sont fondamentales pour le confort et l'adoption du véhicule électrique par les conducteurs : le câble d'alimentation électrique va venir chaque jour relier le point de recharge au véhicule.

► Annexe 6 : éléments pour l'ergonomie des installations

3.1.3 Le diagnostic usages - métier

Le diagnostic des usages, en amont et en aval du déploiement de véhicules électriques, appelle les questions habituelles que le gestionnaire de flotte se pose dans le cadre de l'optimisation permanente de son parc. L'entreprise et la collectivité modernisent leur parc automobile et en optimisent l'utilisation pour en améliorer la performance. Ces démarches s'inscrivent parfois dans leur politique déplacement.

Le déploiement de véhicules électriques pose deux questions en particulier : combien de véhicules électriques l'entreprise ou la collectivité peut-elle déployer (définition du bon équilibre entre véhicules thermiques et véhicules électriques) ? Une fois le parc de véhicules thermiques et électriques déterminé, quels sont les usages les plus favorables ?

Avant le déploiement

Les managers considèrent la question de l'autonomie des véhicules avec attention. Les dispositifs mis en place sont probants et permettent la mise en oeuvre de plannings de charge des véhicules électriques pilotés selon différentes contraintes. Cependant, même si les conducteurs sont satisfaits par l'utilisation du véhicule et cernent son autonomie, la situation est différente pour les managers : le manager a la responsabilité de fournir à ses équipes le matériel qui leur permet de remplir leurs missions, garantir et assurer la bonne réalisation des prestations. Avec le véhicule électrique, le manager aura à vérifier les points suivants :

- Les déplacements professionnels sont effectivement réalisables et, idéalement, optimisés ; les retours d'expérience montrent que les distances effectivement parcourues sont supérieures aux distances limites qui peuvent être perçues en amont.
- Les conducteurs ont été avertis qu'une assistance est disponible en cas de panne (véhicule : panne sèche / infrastructure).

Cet accompagnement facilitera le déploiement de véhicules électriques tout en garantissant la bonne réalisation des prestations.

Après le déploiement

Lorsque le parc est déployé sur un site, il est possible d'optimiser davantage l'usage des véhicules électriques par leur affectation intelligente aux tournées ou aux interventions à réaliser. L'optimisation des usages de la flotte thermique et électrique, en particulier par le choix de l'affectation des VE/VT aux déplacements, permet des

gains plus importants que la simple optimisation du coût de la recharge. Ces gains se vérifient tant d'un point de vue économique qu'en ce qui concerne les émissions de CO₂.

*Des algorithmes d'affectation...
quand le système d'information associé existe*

L'affectation des véhicules aux déplacements peut se faire par les algorithmes à un rythme journalier. Pour les cas d'usages de La Poste, une réaffectation à ce rythme n'est aujourd'hui pas réalisable au vu des contraintes opérationnelles. Elle pourrait se faire à un rythme trimestriel. Pour ERDF, les tournées sont définies le soir pour le lendemain, l'affectation peut se faire de façon journalière.

Le gestionnaire de flotte se posera la question «Comment, à périmètre constant, pourrait-on faire mieux ?». Pour cela, la mesure est importante et disposer d'outils de reporting ou de tableaux de bord est indispensable.

La capacité à mettre en place une optimisation des usages de la flotte de véhicules thermiques et électriques adaptée, passe par un diagnostic amont des possibilités à récupérer toutes les informations nécessaires, voire à savoir comment se procurer ou remplacer les données manquantes selon les caractéristiques «métier» et les pratiques du site considéré.

La connaissance et la capacité à modéliser l'activité est un prérequis à la mise en place d'une recharge prédictive : les extractions du système d'information métier existant, lorsqu'elles sont possibles, supposent une mise en forme précise et la mise en place d'interfaces. De plus, certains usages peuvent ne pas être formalisés ou intégrés aux systèmes d'informations existants (ex : trajet pour se rendre à un restaurant le midi, retour le soir du véhicule au domicile de l'agent...). Ces usages modifient la gestion de la charge et doivent être pris en compte.

Le diagnostic des usages précisera les données nécessaires à la modélisation, et leur importance comme par exemple : le poids transporté, la fréquence des prestations prévues, les aléas et les parcours plus informels.

La capacité à modéliser l'activité ne concernera pas toutes les flottes. Les plus petites peuvent trouver leur optimum par une affectation réfléchie et un abonnement énergie adapté.

3.2 Dimensionner l'infrastructure

Le but est d'identifier les niveaux de technologie à implémenter pour rendre l'écosystème du véhicule électrique viable en conditions d'exploitation.

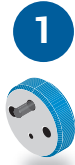
Les gains et coûts évités affichés dans cette partie sont issus des études de cas d'usage d'ERDF et de La Poste. Ils sont susceptibles de varier pour d'autres organisations, néanmoins, l'ensemble des sites étudiés couvre un panel représentatif des cas d'usage qui peuvent être rencontrés.

Certaines fonctionnalités et équipements complémentaires seront ajoutés pour compléter le système de recharge choisi, si ces équipements peuvent faciliter l'exploitation ou limiter les coûts de fonctionnement de l'installation.

3.2.1 Choisir une architecture technique adaptée au besoin

Quatre niveaux d'architecture technique (matériel et logiciel) de recharge sont décrits ci-après pour aider à adapter le système de recharge au cas d'usage rencontré.

Architecture 1 : la recharge en mode 2



Description de l'architecture

Ce système s'apparente à un fonctionnement de type interrupteur (on/off) au branchement du véhicule. Une prise de type E/F permet de recharger les véhicules dès leur branchement au réseau. Le mode 2 intègre un boîtier de contrôle sur le câble d'alimentation vérifiant l'intégrité du branchement du véhicule. Ce mode s'appuie sur une prise de type E/F qui présente l'avantage d'être universelle et moins coûteuse mais :

- Nécessite un contrôle de la ligne d'alimentation ;
- Interroge sur la coordination des protections ;
- Allonge la durée de la recharge
(intensité autorisée en sortie de 8-10A)

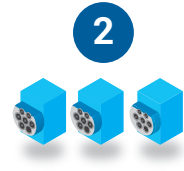
Cette architecture est compatible avec des politiques de recharges s'appuyant sur le dispositif Heures Pleines / Heures Creuses par exemple en transférant la pointe de recharge à 22h. En revanche, la bonne connaissance de la capacité de l'installation est nécessaire. Cette architecture ne permet pas d'évoluer vers des services plus élaborés comme le permettent des infrastructures en mode 3.

Gains possibles

Avec cette architecture, il est possible de piloter la recharge en «arrêt/marche» de l'ensemble des véhicules électriques d'un site sur des plages horaires privilégiées. Le report de la charge des véhicules peut permettre aux autres usages électriques du site de fonctionner sur ses créneaux de temps habituels (machines, outils) sans affecter leur utilisation. Cette politique de recharge a été mise en place sur certains sites de l'expérimentation dès le déploiement des véhicules électriques.

Avec cette politique de recharge, les gains ont été évalués entre 1% et 2% sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE, soit une économie maximum de 0,5% sur le TCO de la flotte de VE et un gain moyen de 2% sur les émissions de CO₂ émises par la flotte de VE, comparés à une recharge par un branchement dès le retour du véhicule sur le site.

Architecture 2 : la recharge en mode 3 pour moduler la charge



Description de l'architecture

Pour cette architecture en mode 3, en plus des fonctionnalités du mode 2, il est possible de moduler la recharge en intensité d'un VE ou d'une grappe de VE et d'avoir la possibilité de disposer de fonctions avancées de communication par la présence de fils pilotes. Une infrastructure composée de points de recharge en mode 3, peut disposer d'un système de monitoring de la recharge pour fixer des règles de recharge plus élaborées qu'un simple pilotage on/off. Par exemple il est possible d'implémenter des règles sur le nombre de véhicules à charger simultanément ainsi que l'intensité de recharge de chaque véhicule. Ces règles peuvent être améliorées après un apprentissage approfondi du comportement de la recharge des véhicules et de leur usage. Ce mode de pilotage de la recharge est le plus souvent suffisant pour l'usage de véhicules électriques dans une activité répétitive et prédictive.

Les bornes de mode 3 permettent de signaler à l'utilisateur la bonne charge du véhicule. La généralisation des outils connectés (smartphones, tablettes) permet d'envisager la mise en place d'alerte utilisateur sur une anomalie de recharge vers un manager ou un contremaître de l'équipe de travail, formule plus souple que les PC actuellement raccordés aux plateformes des infrastructures de recharge.

Gains possibles

Ces politiques de recharge ont permis des gains entre 2% et 3,5% sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE par rapport à une recharge non pilotée. Le gain est au maximum de 1% sur le TCO de la flotte de véhicules électriques et entre 4% et 8% en termes d'émissions de CO₂, comparés à une recharge pilotée HC/HP.

Architecture 3 : la régulation locale, prioriser la recharge au regard du besoin véhicule



Description de l'architecture

L'utilisation du système de pilotage des bornes de recharge pour définir des règles de recharge des véhicules électriques n'est plus suffisant dès lors que se présente un besoin de priorisation de la recharge, ou une activité non répétitive, qui nécessitent le changement quotidien des règles de recharge des véhicules. La priorisation de la recharge intervient dès lors que :

- plusieurs véhicules chargés simultanément génèrent des conflits avec la puissance disponible au point de livraison,
- la puissance disponible pour la recharge des véhicules électriques présente une forte variabilité d'un jour à un autre,
- qu'un ou des véhicule(s) nécessite(nt) de bénéficier d'une priorisation de recharge en vue d'assurer sa ou leur disponibilité.

Dans cette situation, il est nécessaire de compléter l'architecture 2 vue précédemment par un système de supervision local qui régule le pilotage de la recharge au niveau d'un site. Dans ce système de supervision est implémenté un outil d'aide à la décision, qui tient compte de l'ensemble des données du site telles que la puissance disponible pour la recharge des véhicules et les diverses données relatives à l'organisation. Cet outil élabore des consignes robustes au quotidien (prise en considération d'aléas pouvant affecter l'organisation) et permet ainsi la bonne exécution des activités.

Suite aux tests effectués, l'implantation d'un tel système suppose une étude préalable détaillée sur la courbe de charge du site et l'usage des véhicules électriques.

Gains possibles

Il a été observé sur certains sites de l'expérimentation que cette architecture pouvait s'avérer intéressante pour réduire l'appel de puissance du bâtiment lors de la recharge méridienne des véhicules et, dans une moindre mesure, lors de la recharge nocturne. Les courbes de charge des bâtiments testés présentaient une plus grande variabilité aux heures méridiennes.

Pour une plus grande efficacité du système de pilotage de la recharge, il est nécessaire de connaître en quasi temps réel le SoC du véhicule au retour sur le site, son heure de retour et son heure de départ du site pour appliquer les règles de priorité.

Architecture 4 : recharger le véhicule en fonction des activités prévues



La rencontre fréquente d'aléas, la trop grande quantité d'informations, la fréquence de mise à jour des règles sont autant de cas d'usage qui amènent à retenir un système capable d'intégrer la complexité des situations rencontrées.

Description de l'architecture

La variabilité et l'apparition simultanée de ces contraintes as-

sociées à la survenue d'événements extérieurs (période de grand froid, pics de pollutions) ou à des volumes véhicules conséquents, accroissent la difficulté de prises de décision. Un système complet d'aide à la décision capable de produire des plannings de charge en intégrant les dimensions métiers de l'organisation permet de satisfaire l'ensemble des contraintes rencontrées en optimisant la fonction objectif retenue.

Ce système d'aide à la décision intégrant l'intelligence de la recharge trouve sa pertinence s'il s'inscrit dans une logique de gestion de flotte globale. Le planning de charge optimal fait suite à une affectation optimisée des moyens aux besoins de l'activité, par la prise en considération d'un ensemble de contraintes spécifiques à l'organisation.

Des solutions couplant dispositif de recharge et aide à la décision sont des solutions, certes plus coûteuses, mais capables de traiter l'ensemble de la diversité et du volume d'informations, dans des délais conformes aux exigences du métier. Ces systèmes sont évolutifs car ils offrent la possibilité d'ajouter des contraintes supplémentaires par le biais de développements spécifiques.

Cette architecture fait intervenir :

- Des bornes de mode 3 dont la puissance en sortie est modulable ;
- Une plateforme centrale d'informations capable d'intégrer un grand ensemble d'informations internes et externes à l'entreprise pour générer des plannings de charge (ou échéanciers de commandes) ; la plateforme peut être implantée localement si les données à traiter ne concernent qu'un site. Les historiques et référentiels sont alors travaillés par le système pour permettre le pilotage intelligent ;
- Un système de régulation local.

Ce système intègre des étapes de :

- Modélisation du trajet et de la consommation énergétique du parcours (dimensionnent le besoin de charge de la flotte). Selon la qualité et la granularité des informations transmises, cette modélisation peut être plus ou moins fine ;
- Optimisation de l'affectation des véhicules de la flotte aux trajets modélisés ;
- Optimisation énergétique : les véhicules sont chargés au mieux et l'impact environnemental peut être réduit si l'atteinte des objectifs définis est garantie.

Certaines organisations disposent d'outils de planification qui précisent les prestations à réaliser (clientèle, exploitation, dépannage...) et définissent le trajet à emprunter. La mise à disposition de ces données alimente les modèles de l'architecture 4. Les trajets ou tournées fournis peuvent être :

- figés : la tournée livrée est réalisée dans l'état sans qu'aucune modification ne soit apportée. La connaissance du trajet permet d'apprécier la faisabilité du parcours par un véhicule électrique et d'estimer le besoin énergétique de la tournée à réaliser.
- modifiables : la recomposition des tournées et des points à desservir permet de dimensionner des parcours.

Sécurité informatique : indépendance ou non des systèmes métier et du système de charge

Pour la communication des données, les architectures techniques peuvent proposer d'utiliser le réseau propriétaire (réseau du site de l'entreprise ou de l'organisation concernée) ou de disposer d'un réseau indépendant (l'architecture de charge possède son propre système d'information et de communication et peut recevoir des informations depuis des systèmes d'information externes).

Quand le système est indépendant, alors, les éventuels attaques de l'un ou l'autre des systèmes n'impactera pas l'autre. L'indépendance est une sécurité mais peut induire des coûts supplémentaires (coût des connexions GPRS des systèmes vers un serveur externes). Il est important de sécuriser le système de charge qui est un élément sensible du site. Une attaque pourrait affecter la commande de charge des véhicules et donc affecter la bonne disponibilité des véhicules avant leurs prestations ou les appels de puissances.

Les situations de déconnexion des systèmes pourront être instruites pour que la recharge des véhicules soit assurée.

Gains possibles

La connaissance plus fine des trajets réalisés par les véhicules ainsi que les besoins en énergie, permettent d'optimiser davantage l'affectation des véhicules thermiques et électriques aux déplacements et d'affiner les politiques de recharge.

L'optimisation journalière de l'affectation des véhicules aux trajets et un pilotage plus fin de la recharge, en limitant les dépassements et en rechargeant la quantité juste nécessaire à l'activité des véhicules électriques, permet des gains sur les coûts d'exploitation de la flotte d'un site entre 9% et 18% suivant les cas étudiés, 14% en moyenne.

Les émissions de GES émises par la flotte du puits à la roue peuvent être réduites de 23% en moyenne, comparées à une organisation non optimisée et une recharge non pilotée.



Une architecture existe pour chaque besoin. Elle doit être bien pensée pour rester évolutive, même si elle est minimale au départ.









3.2.2 Identifier les équipements complémentaires nécessaires

Le choix de l'architecture matérielle et logicielle à déployer par l'entreprise ou la collectivité nécessite dans certaines situations des équipements complémentaires qui permettent le bon fon-




ctionnement du dispositif de recharge. C'est la configuration native du site qui impacte le choix final d'équipements. De possibles ajouts sont nécessaires selon les situations rencontrées.

Cette partie décrit les équipements nécessaires et/ou complémentaires pour les différentes architectures décrites précédemment.

#29 Préconisation d'équipements complémentaires selon différentes situations rencontrées

SITUATION RENCONTRÉE	CONTRAINTES CONSIDÉRÉES	EQUIPEMENT COMPLÉMENTAIRE PRÉCONISÉ	PRIX ESTIMÉ (HT)
La reconnaissance d'un véhicule est nécessaire pour charger le véhicule comme programmé.	<ul style="list-style-type: none"> Places non dédiées Priorisation de recharge entre deux véhicules Autoriser la recharge à des utilisateurs reconnus 	Reconnaissance 	Système de reconnaissance RFID 50 à 200€ / borne
Une ligne directe est raccordée au Tableau Général Basse Tension. La présence d'un disjoncteur de puissance thermique permet de délester les appareils électriques si la puissance appelée excède la limite imposée. - Tarif bleu : ouverture du disjoncteur par dépassement de l'intensité maximale - Tarif jaune : enregistrement du dépassement de puissance inapproprié	<ul style="list-style-type: none"> Recharge simultanée de plusieurs véhicules Contraintes de puissance disponible (figées) 	Délestage 	Délesteur 400 à 600€ / site
L'organisation souhaite faire débuter la recharge des véhicules à des créneaux horaires propices identifiés.	<ul style="list-style-type: none"> Recharge en heures creuses Recharge en période de creux d'activité du bâtiment 	Démarrage différé 	Horloge 300€ / site
Des contraintes de puissance sont susceptibles d'être rencontrées sur le site de manière inopinée	<ul style="list-style-type: none"> Présence de machines électriques de puissance Ventilation Chauffage, climatisation Recharge en milieu confiné (sous-terrain) 	Connaissance de la puissance disponible 	Compteur de puissance 150 à 600€ / site
La connaissance de l'état de charge du véhicule est nécessaire mais n'est pas disponible auprès du constructeur automobile	<ul style="list-style-type: none"> Rencontre d'aléas / programmation initiale (détours, urgences...) Non prédiction de l'activité Non accès à l'information véhicule 	Évaluation de l'état de la batterie restante 	Boitier communiquant 200 à 300€ / véhicule
L'organisation dispose d'outils informatiques dont les données ont un effet sur la gestion de la flotte et des politiques de recharge à générer	<ul style="list-style-type: none"> Outils de mobilité Plateforme de réservation véhicule Collecte des informations pour des recharges faites hors réseau entreprise 	Interface des commandes 	(possibilité de connexion avec ordinateur du site)

#30 Articulation entre les équipements additionnels souhaités et les architectures de recharge choisies.

Architectures de recharge Équipements additionnels	1	2	3	4
Système de reconnaissance A 		✓	✓	✓
Délesteur B 	✓	✓		
Horloge C 	✓	✓		
Compteur de puissance D 		✓	✓	✓
Boîtier communicant E 			✓	✓



Équipement peut être utile pour l'architecture considérée

3.2.3 Choisir la puissance de charge des bornes

Pour les flottes de véhicules électriques de l'expérimentation et pour les cas rencontrés, **la charge normale est suffisante**. L'anticipation des besoins de charge pour les prestations à réaliser est assez forte et les véhicules disposent de temps pour charger la nuit.

Le projet n'a pas fait émerger de nécessité expresse de recours à la charge accélérée ou rapide. Même si d'autres situations peuvent se présenter, les vitesses de charge accélérée ou rapide supposent qu'un conducteur attende pendant le temps de charge (durant la journée de travail). Si tel est le cas, le temps d'attente potentiellement non productif du salarié ou agent a un impact financier non négligeable.

Le rythme de recharge est lié à la recherche de l'atteinte du point d'équilibre des coûts entre un véhicule électrique et un véhicule thermique. Doit-on disposer d'une rapide au lieu d'une charge normale pour augmenter les distances parcourues dans une même journée ?

Les bornes de recharge accélérées et rapides peuvent présenter un intérêt :

- dans le cas d'ouverture de la recharge à des tiers. Cela permet de rendre les rythmes de charge plus flexibles dans le cas d'un partage de l'espace ou de la borne sur une zone de stationnement.

- dans le cas d'activités et de périodes d'activités longues ne permettant pas une recharge sur plusieurs heures.

Maintenant, elles représentent un coût potentiellement élevé et ont des impacts sur les appels de puissances.

Paliers de puissance de recharge

(source : livre vert Louis Nègre)

Des paliers techniques de puissance de recharge existent, correspondant globalement aux puissances disponibles avec des disjoncteurs de 16, 32 et 63 ampères soit :

*• 16 A monophasé : 3,7 kVA
considéré comme la «recharge normale»*

*• 32 A triphasé : 22 kVA
permettant une «recharge accélérée»*

*• 63 A triphasé : 43 kVA
permettant une «recharge rapide»*

Recharge rapide





















Certains sites, pour certains cas métiers, ont formulé leur attente de solution de recharge accélérée. Cependant, l'absence de véhicule utilitaire électrique acceptant des puissances de 22 kVA incite à une certaine prudence sur l'équipement systématique de ces bornes dont l'alimentation est triphasée.

La question se pose de savoir si un équipement pertinent ne serait pas du 3,7 kVA-7,4 kVA permettant une recharge dite normale en période maîtrisée, et de disposer d'une borne de recharge rapide dont l'utilisation est plus répandue (mais non compatible avec certains types de véhicules).

Porter la recharge à 16 ampères en triphasé permettrait une recharge à 11 kVA et une récupération de l'autonomie (50 km en 1 heure). Ce type d'alimentation est plus pertinent que le triphasé qui n'existe plus aujourd'hui que pour les installations avec machines tournantes.

#31 En synthèse, la matrice des cas d'usages et des configurations techniques requises.

Situation rencontrée	Contraintes considérées
Vous disposez d'une flotte de peu de véhicules (moins de 3).	Sans contrainte.
Vous partagez votre bâtiment avec d'autres sociétés et le raccordement se fait au TGBT commun.	Sans contrainte.
Vous envisagez de charger plus de trois véhicules et souhaitez prévenir tout dépassement de puissance autorisée et avez identifié des plages disponibles de recharge.	Tarif bleu: risque de disjonction Tarif jaune et vert : Si puissance disponible faible, risque de dépassement de forfait.
Vous envisagez de charger plus de trois véhicules et souhaitez prévenir tout dépassement de puissance autorisée mais n'avez pas identifié de plages disponibles de recharge.	Connaissance des courbes de charge.
Vous souhaitez ne charger que des utilisateurs / véhicules reconnus.	L'organisation souhaite contrôler la délivrance de la recharge.
Des véhicules doivent être chargés avant d'autres quelle que soit la situation.	Les véhicules stationnent sur des places dédiées (un véhicule électrique se charge à un unique stationnement).
	Les places ne sont pas dédiées.
	La puissance totale des véhicules ne doit pas dépasser une puissance définie.
La distance des trajets présente des conflits vis-à-vis de l'autonomie des véhicules.	- Distances à parcourir - Autonomie réelle (selon inducteurs)
Les véhicules peuvent être amenés à se recharger en dehors du réseau de l'organisation.	- Recharge intermédiaire type méridienne - Recharge lors de visites
Vous utilisez plusieurs segments de véhicules électriques et souhaitez les affecter conformément à leurs spécificités.	- Capacité d'emport - Poids transporté
Vous ouvrez la recharge à des tiers entraînant un effet significatif sur la puissance disponible du site.	- Recharge salariés - Recharge collaborateurs
Vos véhicules peuvent être amenés à se charger en milieu froid.	- Besoin de charge accélérée, rapide
Vous disposez d'outils informatiques en lien avec la gestion de votre parc automobile.	- Outils de mobilité - Outil de réservation de véhicules (véhicules de pool, de services)
Vous souhaitez contrôler les aléas de parcours ou d'utilisation des véhicules.	- Détours - Urgences - Reprogrammation des trajets en cours
Vous affectez vos véhicules à vos collaborateurs en dernière instance.	Des collaborateurs peuvent ne pas se présenter (arrêt travail, maladie) modifiant l'usage prévu du véhicule
Vous souhaitez disposer d'un système d'alertes et de reporting.	Tout aléa spécifié par l'organisation

1 Prise E/F	2 Bornes de recharge	3 Gestionnaire + système de régulation locale + bornes de recharge	4 Gestionnaire + système de régulation locale + plateforme intelligente + bornes de recharge
			<p>✓ Pas de solution thermique de secours, le véhicule électrique doit être disponible tel que prévu</p>
<p>✓ + </p>	<p>✓ +  Le relevé des puissances disponibles est nécessaire pour procéder à la refacturation de l'énergie</p>		
<p>✓ +  </p>	<p>✓ +   L'horloge permet de débiter la recharge à des moments propices identifiés. Le disjoncteur impose une contrainte physique prévenant tout dépassement de limite de puissance</p>		
<p>✓ + </p>	<p>✓ +  +  Les systèmes Advanced Meter Management sont utiles lors d'aléas de puissance entrant en conflit avec la puissance disponible du site</p>		
	<p>✓ + ( )</p>	<p>Cet équipement est indispensable dès lors que les consignes de charge diffèrent entre véhicules</p>	
		<p>✓</p>	
		<p>✓ + ( )</p>	<p>Cet équipement est indispensable dès lors que les consignes de charge diffèrent entre véhicules</p>
		<p>✓ + ( ) + </p>	<p>La présence du smart meter permet de réguler la recharge au regard de l'activité bâtiment</p>
			<p>✓ La plateforme s'assure de la compatibilité d'usage du véhicule</p>
			<p>✓ L'accès à des informations de session de charge peut être obtenue en se référant à des acteurs clés de type GIREVE</p>
			<p>✓ L'usage des véhicules peut se faire au regard d'un volume de marchandises à transporter. Ces contraintes sont considérées dans l'algorithme.</p>
			<p>✓ La recharge d'un tiers sur le site limite la puissance disponible des véhicules. Des consignes de charge peuvent être définies pour limiter ces impacts.</p>
			<p>✓ La présence du smart meter permet de réguler la recharge au regard de l'activité bâtiment ou de maintenir une intensité minimum.</p>
		<p>✓ + </p>	<p>La plateforme d'intermédiation peut intégrer les informations récupérées des systèmes d'information externes</p>
		<p>✓ + </p>	<p>L'installation d'un boîtier GPS permet de se prémunir de ces aléas</p>
		<p>✓ + </p>	<p>La réaffectation des véhicules est un levier pour vérifier l'adéquation d'affectation des véhicules en dernière instance</p>
		<p>✓ + </p>	<p>La centralisation des informations permet d'élaborer des formats de restitution ou d'alertes auprès de cibles identifiées</p>

3.3

Définir la politique de recharge des véhicules électriques

En fonction du cas d'usage considéré, différentes architectures peuvent être mises en place. Et suivant l'architecture technique, il est possible de piloter la recharge des véhicules électriques de différentes façons.

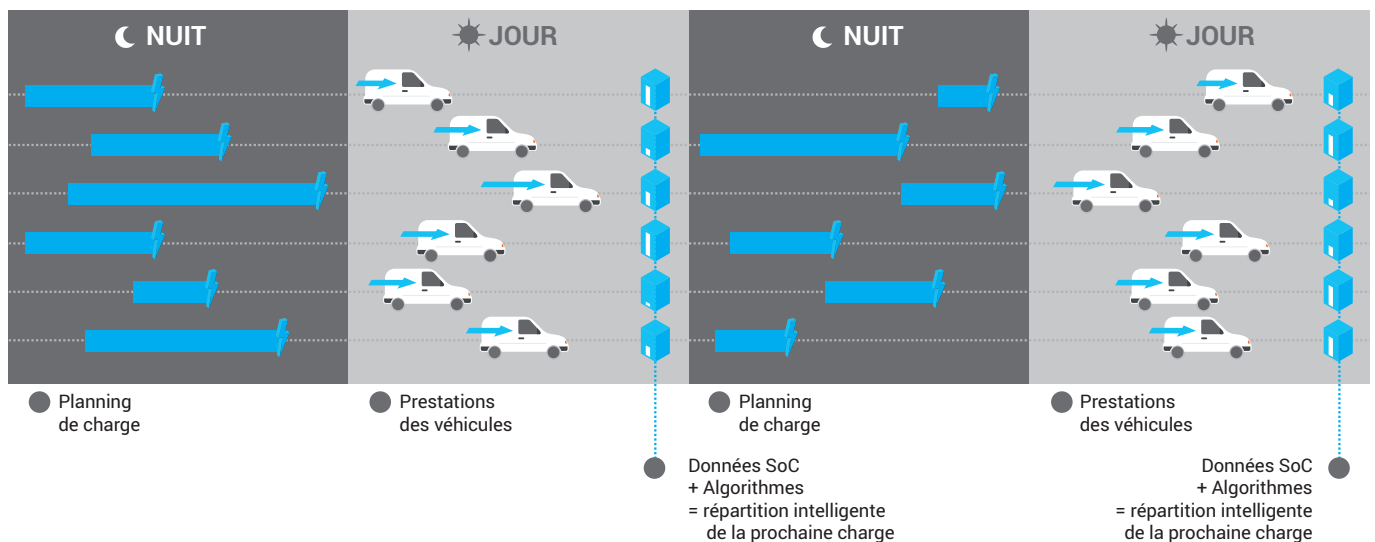
Les politiques de recharge peuvent prendre en considération :

- Le **nombre de VE** sur le site ;
- **Les caractéristiques énergétiques de l'activité des VE.** L'énergie nécessaire aux VE va directement dimensionner une politique de recharge, d'autant plus si celle-ci vise à recharger les véhicules au plus juste de leurs besoins. Ces caractéristiques sont dépendantes du comportement de la batterie, de sa capacité, de son rendement et de son état de santé ;
- La connaissance plus ou moins fine du **planning de présence des véhicules électriques**. Le planning de charge ne peut être déclenché que lorsque le véhicule est présent et branché. Ce qui paraît être une évidence ne l'est pas forcément

ment pour un véhicule qui est amené à rouler à la limite d'autonomie. Les périodes d'utilisation laissent moins de temps pour les périodes de charge ;

- La **réurrence ou la prévisibilité de l'activité** ;
- La **modélisation ou non de l'activité dans des SI** ;
- Le **taux de CO₂ du mix électrique**.
- La **courbe de charge du bâtiment** hors usage des VE. En effet, suivant la variabilité de la courbe de charge du bâtiment et en particulier les « creux » propices à la recharge des VE, la politique de recharge ne sera pas la même afin de minimiser les coûts d'exploitation ;
- Le **contrat d'électricité** sur le site et en particulier le compteur électrique et la tarification appliquée (bleu, jaune, vert) peuvent amener de nouvelles contraintes qui vont directement impacter la politique de recharge à mettre en place. En tarif bleu, la puissance souscrite ne peut pas être dépassée et en tarif jaune et vert le dépassement se traduit en pénalités à payer. Leur répétition ou systématisation peut entraîner des surcoûts élevés.

#32 Exemple de rythme de charge des véhicules

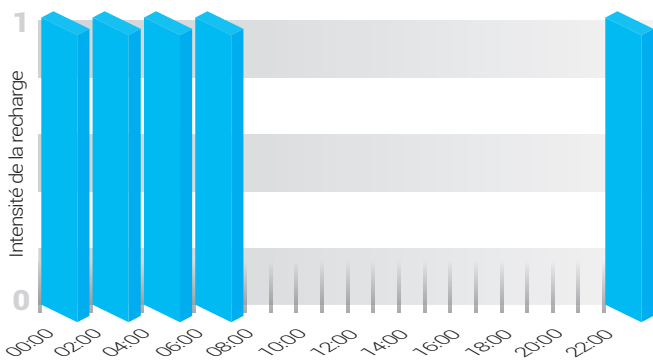


3.3.1 Les politiques de recharge globales

1 Politique de recharge n°1 : Privilégier la recharge de l'ensemble des véhicules sur certaines plages horaires (valide pour les architectures 1 à 4)

Dans le cadre du projet Infini Drive, la recharge d'un groupe de véhicules électriques a pu être pilotée afin de favoriser la recharge pendant les heures creuses, où le prix de l'électricité est le plus faible. Ce type de politique de recharge est appliqué par défaut sur les sites grâce à une horloge mise en place sur la ligne dédiée aux bornes de recharge (cas La Poste).

#33 Pilotage de la recharge de l'ensemble des VE suivant les plages horaires



Le pilotage suivant les heures creuses et heures pleines sur les sites tests La Poste peut apporter des gains sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE de l'ordre de 1,5%, comparé à une recharge non pilotée. En termes d'émissions de CO₂ du puits à la roue par la flotte de VE, cette politique de recharge peut permettre des gains compris entre 1,5% et 3% (2% en moyenne).

2 Politique de recharge n°2 : Mettre en place un palier de puissance fixe pour l'ensemble des véhicules (valide pour les architectures 2 à 4)

Cette politique de recharge consiste à donner une consigne fixe de puissance que l'ensemble des recharges des véhicules électriques ne doit pas dépasser. La recharge des véhicules électriques connectés en mode 3 peut se faire de façon différenciée entre les véhicules tout en respectant la consigne fixe de puissance à ne pas dépasser. Cette politique de recharge peut être mise en place pour éviter les dépassements de puissance et la disjonction du compteur électrique dans le cas d'un compteur « bleu ».

Cette politique de recharge, mise en place sur un des sites tests qui présentait un appel de puissance important (à 22h, heure de

début de la plage d'heures creuses), a permis de réduire cet appel de puissance et ne pas dépasser la puissance souscrite sans impact sur les activités des véhicules.

Les dépassements de puissance souscrite s'élevaient à 13,83 €/heure de dépassement au tarif jaune. Dans le cas du site test, cette politique de recharge permet de ne pas dépasser la puissance souscrite du site et donc d'économiser 2% sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE. Cette politique de recharge peut dans certains cas permettre de réduire l'abonnement électrique du site.

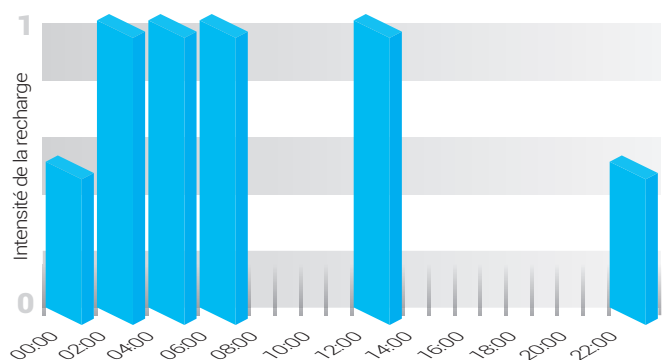
En tarif bleu, un dépassement de puissance souscrite provoque le déclenchement du disjoncteur et notamment la coupure de l'alimentation électrique des bornes de recharge. Ces coupures peuvent avoir des répercussions sur l'activité même de l'entreprise ou de la collectivité. Pour une flotte donnée, un dépassement tous les jours de quelques heures peut avoir un impact économique important. Il faut donc analyser ces différents paramètres au regard du coût énergie normalement raisonnable pour les véhicules (1 à 2€ pour charger totalement un véhicule).

3 Politique de recharge n°3 : Moduler la puissance de recharge de l'ensemble des véhicules (valide pour l'architecture 4)

Cette politique de recharge consiste à moduler l'intensité de recharge d'un ensemble de véhicules électriques. Elle ne peut être mise en place qu'à travers une plateforme de gestion et de supervision qui reçoit un planning de charge.

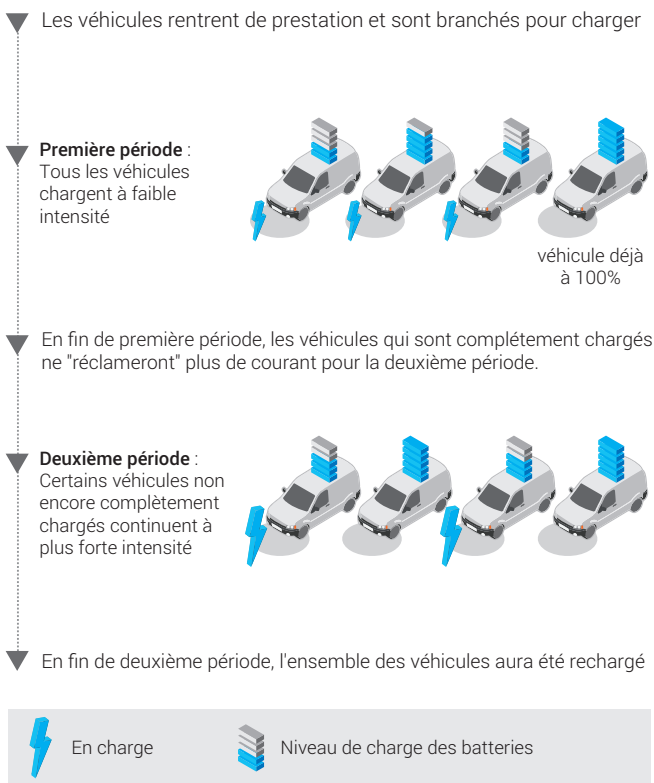
Cette politique de recharge peut apporter des gains sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE entre 2,5% et 3,5% (3% en moyenne), comparée à une recharge non pilotée. En termes d'émissions de CO₂ du puits à la roue par la flotte de VE, cette politique de recharge peut permettre des gains compris entre 5% et 18% (10% en moyenne).

#34 Pilotage de la recharge d'un groupe de VE en modulant l'intensité de recharge suivant les plages horaires



Un exemple simple d'application de ce type de politique de recharge consiste à charger tous les véhicules à une intensité limitée sur une première période et à laisser ensuite les véhicules se recharger librement sur une 2^{ème} période où moins de véhicules chargeront à une intensité supérieure. Cette politique de recharge ne nécessite pas de connaître l'état de charge des batteries des véhicules électriques au retour sur site.

#35 Exemple de la politique de recharge n°3



Plus les besoins en énergie des véhicules électriques sont variés, plus cette politique de recharge aidera à réduire les appels de puissance liés. Avec cette programmation, il existe cependant une possibilité de ne pas recharger l'ensemble des véhicules à 100%. Cette politique de recharge a permis de réduire l'appel de puissance dû aux véhicules électriques de 7% sur le site étudié.

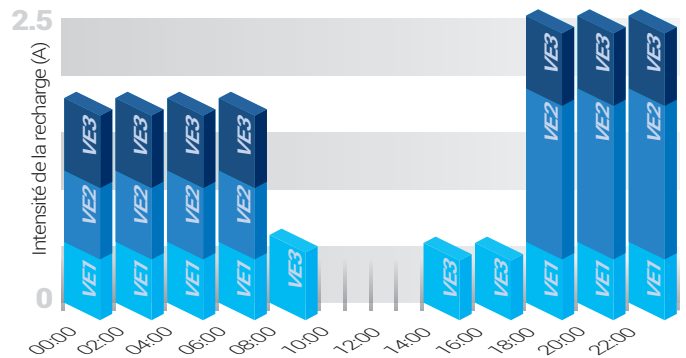
Plus l'entreprise dispose d'une connaissance fine des besoins en énergie des véhicules, plus cette politique de recharge pourra être affinée afin de garantir une recharge à 100% de l'ensemble des véhicules.

3.3.2 Les politiques de recharge par borne

4 Politique de recharge n°4 : Moduler l'intensité de recharge par borne en limitant les dépassements de puissance souscrite (valide pour l'architecture 4)

Cette politique de recharge consiste à moduler l'intensité de recharge de chaque véhicule électrique de façon différenciée, tout en limitant les dépassements de puissance souscrite du site et en rechargeant les véhicules à 100%. Comme pour la politique de recharge précédente, elle ne peut être mise en place qu'à travers une plateforme de gestion et de supervision. Cette politique de recharge est plus affinée que la précédente et demande d'avoir une connaissance plus fine de l'activité des véhicules électriques, et en particulier le niveau de charge de la batterie au retour des véhicules sur le site.

#36 Pilotage de la recharge par borne de recharge en modulant l'intensité de recharge suivant les plages horaires



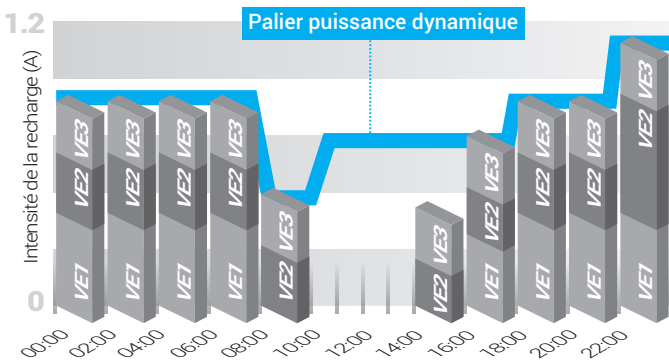
Le pilotage de la recharge par cette politique permet des gains, et d'éviter des coûts d'exploitation plus importants que le pilotage de la recharge d'un groupe de véhicules. En termes d'émissions CO₂ émises du puits à la roue par la flotte de VE, cette politique de recharge peut permettre des gains de l'ordre de 30%.

5 Politique de recharge n°5 : Mettre en place un palier de puissance dynamique (valide pour l'architecture 4)

Cette politique de recharge consiste à moduler l'intensité de recharge de chaque véhicule de façon différenciée suivant l'état en temps réel de la courbe de charge du site. Cette politique de re-

charge peut apporter davantage de gains que la politique de recharge précédente en limitant les dépassements de puissance souscrite et ceci d'autant plus si le site présente des appels de puissance non prévisibles et aléatoires.

#37 Pilotage de la recharge par borne de recharge en modulant l'intensité de recharge suivant les plages horaires



Il a été observé sur un des sites tests que cette politique de recharge pouvait s'avérer intéressante pour réduire l'appel de puissance du bâtiment de l'ordre de 30%, avant tout lors de la recharge méridienne des véhicules et, dans une moindre mesure, lors de la recharge nocturne. En effet, les courbes de charge des bâtiments testés avaient une plus grande variabilité et étaient plus importantes aux heures méridiennes.

Cela a permis également de limiter les dépassements de puissance souscrite de l'ordre de 13 €/jour travaillé, soit un gain de l'ordre de 12% sur les coûts d'exploitation de la flotte de VE. Cela peut permettre de réduire l'abonnement électrique. Pour le site testé, l'abonnement électrique pourrait être également abaissé et passé du tarif jaune à 42 kVA au tarif bleu à 36 kVA, soit une économie de 920 €/an sur la facture d'électricité.

Pour une plus grande efficacité du système, il est nécessaire de connaître en quasi temps réel le SoC du véhicule au retour sur le site, son heure de retour et son heure de départ du site pour appliquer les règles de priorité qui pourraient être utilisées par le système.

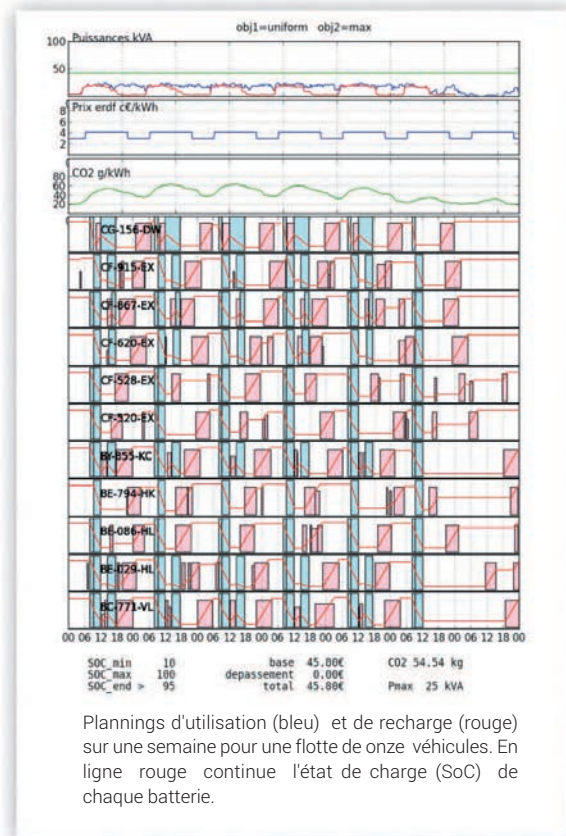
3.3.3 Les politiques de gestion de l'affectation des véhicules

Politique de recharge et de gestion de l'affectation des véhicules : piloter la recharge des véhicules électriques dans une politique globale de gestion de la flotte

Cette politique de recharge consiste à moduler l'intensité de recharge de chaque véhicule en ayant une connaissance de l'usage des véhicules au travers de divers paramètres centralisés dans une plateforme de données : planning d'activité des véhicules, besoins en énergie des véhicules, caractéristiques énergétiques du site, etc...

Ce mode de pilotage peut s'ajouter à une optimisation d'affectation des véhicules électriques et thermiques aux activités à réaliser afin d'augmenter les gains économiques et environnementaux.

#38 Exemple de sortie de pilotage de la recharge par borne de recharge en modulant l'intensité de recharge suivant les plages horaires et planning d'activité des véhicules optimisé



L'optimisation journalière de l'affectation des véhicules aux tournées et un pilotage plus fin de la recharge, en limitant les dépassements et en rechargeant la quantité juste nécessaire à l'activité des véhicules électriques, permet des gains sur les coûts d'exploitation de la flotte d'un site entre 9% et 18% suivant les cas étudiés (14% en moyenne), comparée à une flotte dont l'affectation n'est pas optimisée et la recharge non pilotée.

Les émissions de GES émises par la flotte du puits à la roue peuvent être réduites de 23%, comparées à une organisation non optimisée et une recharge non pilotée.

3.3.4 Le cas spécifique de la recharge méridienne

La recharge méridienne consiste à recharger les véhicules qui rentrent sur site aux alentours de midi avant de repartir pour d'autres prestations l'après-midi. **Cela peut améliorer la rentabilité et diminuer les coûts d'exploitation de la totalité de la flotte.**

La recharge méridienne sera considérée selon les possibles dépassements de puissance souscrite du site, et les possibilités d'accroître l'activité réalisée par les véhicules électrique (utilisation plus intensive des véhicules).

La recharge méridienne peut également améliorer le bilan des émissions de CO₂ de la flotte. Les gains en termes d'émissions peuvent atteindre 6%.

La recharge méridienne semi rapide (22 kVA) permet de recharger plus rapidement un véhicule à cette période de la journée, et permet d'améliorer davantage le bilan des émissions de CO₂. Ce mode de charge permet des gains entre 1% et 8% comparé à une recharge méridienne normale.

Un intérêt fonction des usages

Dans certains cas, une recharge méridienne semi rapide permet aux véhicules électriques de rouler davantage, comparée à une recharge méridienne à 3,7 kVA. Cela permet une baisse des coûts d'exploitation de la flotte de l'ordre de 3%.

Pour d'autres situations, aucun gain n'est constaté : la recharge de nuit couvre déjà les besoins de charge et la recharge méridienne ne présente pas d'intérêt. Ceci s'explique par les caractéristiques des tournées à réaliser par les véhicules, et les capacités d'emport des véhicules. Il pourrait être envisagé d'empêcher la recharge méridienne quand elle ne présente pas d'intérêt pour l'allongement des distances à réaliser.

Un intérêt fonction des abonnements

Sur les sites testés, la mise en place de la recharge méridienne à 3,7 kVA n'a pas provoqué de dépassements de puissance. Sur un site, la mise en oeuvre de la recharge méridienne à 22 kVA a provoqué des dépassements, mais n'a pas pénalisé l'optimum économique dans la mesure où le dépassement a été compensé par la possibilité de faire rouler davantage les véhicules électriques.

Cependant, dans certains cas où le profil d'appels de puissance du bâtiment est proche de la puissance souscrite du site, la recharge méridienne peut provoquer des dépassements qui engendrent soit une coupure de l'alimentation dans le cas

d'un site au tarif bleu et donc le risque de ne pas pouvoir recharger le véhicule, soit un surcoût (13,83€/heure) dans le cas d'un site au tarif jaune, qui peut ne pas être compensé par une utilisation plus intensive des véhicules électriques (capacité d'emport limitée pour réaliser plus d'activité par exemple).

3.3.5 Gains associés aux politiques de recharge

La variabilité des différents gains et coûts évités dépend principalement des contraintes sur les puissances souscrites et du nombre de véhicules électriques dans la flotte. Par exemple sur un parc de véhicules contenant un grand nombre de véhicules électriques, les gains apportés par le pilotage de la recharge peuvent être plus importants du fait de la limitation des dépassements, permise par certaines politiques de recharge.

La variabilité des gains (sur les sites test) sur les coûts d'exploitation et les émissions de CO₂ du puits à la roue de la flotte de VE, est représentée graphiquement.

Sur les cas observés, en moyenne, **le pilotage de l'affectation des véhicules électriques et thermiques, associé à un pilotage de la recharge des véhicules électriques, permet des gains et des coûts évités plus importants que le simple pilotage de la recharge** des véhicules électriques.



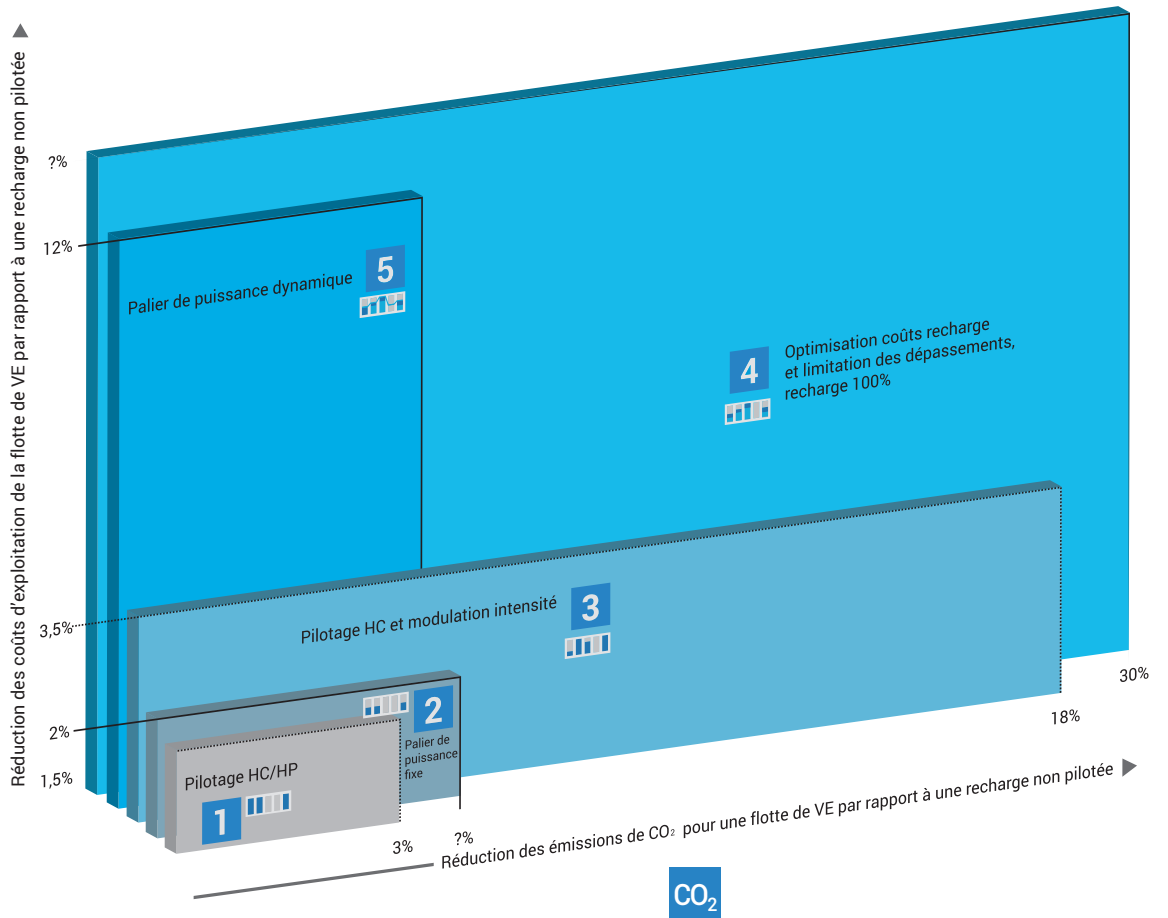
L'optimisation des usages de la flotte thermique et électrique, permet des gains plus importants que la simple optimisation du coût de la recharge compte tenu du coût de l'électricité aujourd'hui.



#39

Gains (ou coûts évités) maximum sur les coûts d'exploitation et sur les émissions de CO₂ du puits à la roue de **la flotte de VE** suivant les politiques de recharge

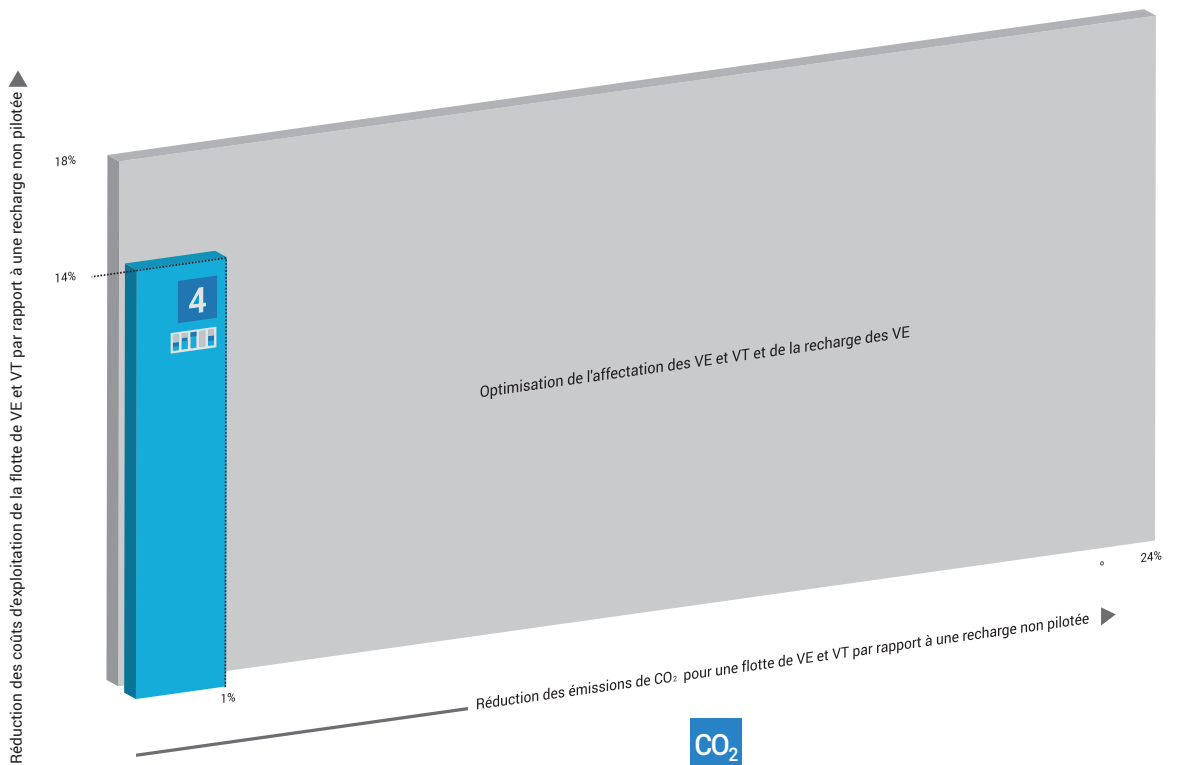
€



#40

Gains (ou coûts évités) maximum sur les coûts d'exploitation et sur les émissions de CO₂ du puits à la roue de **la flotte de VE et VT** entre politique de charge et politique d'affectation

€



3.3.6 Synthèse des politiques de recharge et des architectures techniques

Les quatre architectures techniques vues précédemment répondent à différents cas d'usage et peuvent permettre d'implanter des politiques de recharge ou d'affectation des véhicules pour éviter des coûts d'exploitation supplémentaires ou pour minimiser les émissions de CO₂. **Ces architectures techniques peuvent être**

couplées aux 5 politiques de charge évoquées, voire à une politique de gestion de l'affectation des véhicules.

Le tableau suivant présente les différents gains sur les coûts d'exploitation et sur les émissions de CO₂ émises du puits à la roue par la flotte de VE et sur la totalité de la flotte (VE et VT), comparée à une flotte dont la recharge n'est pas pilotée et l'affectation non optimisée pour chaque politique de recharge. La mise en oeuvre de ces dernières dépend des architectures techniques choisies.

#41 Gains (ou coûts évités) par couple politique de recharge - architecture technique

Politique de recharge						Politiques de recharge et gestion de l'affectation des véhicules
	1	2	3	4	5	
	Privilégier la recharge d'un groupe de VE sur certaines plages horaires	Mettre en place un palier de puissance fixe	Moduler l'intensité de recharge d'un groupe de véhicules	Moduler l'intensité de recharge par borne en limitant les dépassements de puissance souscrite	Mettre en place un palier de puissance dynamique	Piloter la recharge des véhicules électriques de façon plus fine et optimiser l'affectation
Architecture 1						
Architecture 2	€ -1,5% en moyenne sur la flotte de VE	Réduction des appels de puissance à un seuil à ne pas dépasser				
Architecture 3	CO ₂ -2% en moyenne sur la flotte de VE	€ -2% en moyenne sur la flotte de VE ¹	€ -3% en moyenne sur la flotte de VE	€ davantage de coûts sont évités comparé à un pilotage d'un groupe de véhicules (très variable suivant la courbe de charge du site et de l'abonnement électrique)	€ -12% ¹ sur la flotte de VE 13 €/jour sur la facture d'électricité	
Architecture 4		CO ₂ non calculé	CO ₂ -10% en moyenne sur la flotte de VE	CO ₂ -30% en moyenne sur la flotte de VE	CO ₂ non calculé	€ -14% en moyenne sur la flotte de VE/VT CO ₂ -23% en moyenne sur la flotte de VE/VT

1 - Résultat obtenu uniquement sur un site test

3.4

Améliorer la performance globale du système

Améliorer la performance globale du système passe par différents axes.

La consommation du véhicule électrique est sensible à certains inducteurs.

Les connaître peut aider à comprendre certains points à considérer plus particulièrement.

[► Chap. 3.4.1]

Anticiper les événements qui peuvent survenir et agir sur le dispositif [► Chap. 3.4.2] et identifier les informations nécessaires sont deux autres points à considérer [► Chap. 3.4.3].

3.4.1 Connaître les inducteurs de l'autonomie et leur impact

La consommation du véhicule électrique est sensible à certains inducteurs. Les connaître peut aider à comprendre certains points à considérer plus particulièrement :

- **La masse embarquée** : chargé à son poids total autorisé en charge (PTAC), le VE consomme 15% de plus qu'en conditions normales.
- **La nature de la conduite** influence l'autonomie du VE. Elle confirme l'intérêt de la sensibilisation de l'utilisateur au comportement du véhicule et à la manière de le conduire. Même si l'expérimentation n'a pas permis d'en distinguer l'effet pour le mesurer précisément, il est communément admis que le mode de conduite induit une variation de consommation d'une vingtaine de pourcents selon le type de chauffeur.
- **Le froid** (par extension, le chaud) et l'usage des auxiliaires :
 - Quand le véhicule est chauffé sur la batterie de traction, l'autonomie peut être réduite d'un tiers ;
 - Le froid a également un impact sur la charge de la batterie pour des températures inférieures à 5°C ;
 - L'utilisation du chauffage thermique additionnel permet de limiter l'impact du froid et conserver une autonomie de l'ordre de celle observée en période tempérée.

D'autres inducteurs ont été mesurés mais leur effet est moindre :

- Les **dénivelés** ont un impact non négligeable. L'expérimentation a confirmé que le véhicule électrique se recharge dans les phases de descente. Le niveau de récupération est plus important pour des phases de descentes continues ce qui n'est pas forcément le cas pour les tournées effectuées dans le cadre de l'expérimentation qui présentent de nombreux arrêts.
- **Le rendement de charge**. Selon l'équipement utilisé et les conditions de charge, le rendement de charge peut varier.

Focus sur l'impact du froid sur l'autonomie

Le conducteur s'intéresse au niveau d'autonomie de son véhicule. En situation de froid, l'autonomie est réduite : le manager peut l'anticiper. Des solutions existent pour limiter l'impact du froid sur l'autonomie

En amont, en tant qu'acheteur, s'il est confronté à des situations de périodes de froid particulières, l'entreprise et la collectivité peuvent identifier différentes solutions :

- Les véhicules qui proposent une séparation physique et continue entre la zone chauffeur et la zone utilitaire : la séparation, si elle est compatible avec l'activité, permet de réduire le volume à chauffer en le limitant à l'habitacle et donc de réduire la consommation d'électricité pour le chauffage. En cas de fortes chaleurs, avec un volume réduit, le confort du chauffeur peut être affecté.
- Pour le confort du chauffeur, certaines options de chauffage moins consommatrices peuvent suffire comme par exemple le volant chauffant.
- Certains systèmes comme par exemple la pompe à chaleur peuvent s'avérer plus efficaces en termes de consommation d'énergie pour le véhicule électrique. Ces options ne sont pas aujourd'hui disponibles sur tous les modèles de véhicules électriques.
- Il existe également des programmes particuliers qui visent à préparer le véhicule avant qu'il ne soit débranché appelés «programme confort» ou «pré-conditionnement» : quand il est chargé à 100%, le véhicule utilise l'énergie du réseau pour chauffer l'habitacle. Au départ de prestation, le chauffeur rentrera dans un véhicule qui est déjà à température.
- Enfin, il est possible d'utiliser un équipement de chauffage thermique additionnel.

Chauffage thermique additionnel : un petit plein d'essence pour le véhicule électrique
Pour un chauffage additionnel avec une cuve de 13 litres et 2 pleins par hiver pour assurer le chauffage (constaté dans le cadre du projet), l'émission d'un véhicule qui parcourt plus de 10 000 km dans l'année représentera au plus 3% des émissions d'un véhicule thermique. Dans cette situation, les émissions du

«réservoir à la roue» du véhicule électrique, usuellement considérées comme nulles ne le sont plus même si elles restent négligeables.

Ces émissions sont à mettre en regard de l'autonomie conservée en situation de froid. Pour le cas d'un véhicule dont l'autonomie pourra être diminuée d'un tiers l'hiver, disposer d'un chauffage additionnel présente l'opportunité de maintenir des trajets d'une distance quotidienne moyenne équivalente. Cela peut éviter la révision des trajets en hiver ou la mise en place de modèles de tournées variables entre été et hiver, ou encore permettre de garder un VE sur un trajet qui sinon aurait nécessité un VT.

A l'usage, l'agent confronté à des périodes de froid peut adopter certains réflexes pour limiter l'impact du froid, notamment l'utilisation du programme «éco». Dans le cadre du projet, il a été constaté que ce programme n'était pas utilisé sur de longues périodes. Cela vient probablement du fait que le mode est trop limitant et affecte le confort de conduite (accélérations). Des modes intermédiaires devraient être mis à disposition et il pourrait même être intéressant de permettre, à un gestionnaire en charge d'une flotte d'une certaine dimension, de paramétrer le niveau de bridage à adapter à ses usages.

Enfin, l'organisation peut être revue entre une période de froid et l'été. Selon la flexibilité de ses trajets, une entreprise pourra par exemple utiliser uniquement les véhicules électriques en été, et en hiver avoir recours à un véhicule thermique pour compléter les tournées qui pourraient présenter des difficultés à cause des limites d'autonomie.

Focus sur la nature de la conduite

Entre le véhicule thermique et le véhicule électrique, les gains de l'éco-conduite ne se manifestent pas de la même façon. Pour un véhicule thermique, le lien entre le véhicule et le conducteur est très direct : une formation éco-conduite aura un impact visible à la pompe à essence avec de moindres dépenses en carburant. L'économie et l'intérêt environnemental sont directs. Pour un véhicule électrique, l'effet de l'éco-conduite est à première vue moins perceptible. Même si le chauffeur consomme moins d'électricité et dispose de plus d'autonomie pour sa tournée, même si la consommation

d'électricité diminue, le gain est moins évident car le coût de la recharge électrique est faible et les émissions moindres par rapport au carburant fossile. L'éco-conduite rassure le chauffeur sur les prestations limites qu'il aurait à réaliser.

Le bénéfice majeur est différent : dans le cas d'une flotte mixte de véhicules thermiques et électriques, grâce à l'éco-conduite, les distances à parcourir en véhicules électriques pourront être augmentées, et celles des véhicules thermiques diminuées. Pour le véhicule électrique, le gain éco-conduite est collectif et aide à améliorer la rentabilité de l'ensemble de l'organisation : une sensibilisation de l'ensemble des conducteurs aidera à optimiser la gestion des déplacements.



L'arrivée du véhicule électrique questionne l'organisation, les comportements et la bonne optimisation du parc.



3.4.2 Anticiper toute panne ou incident sur l'infrastructure

Une panne du dispositif de recharge pour les véhicules électriques peut avoir un impact important : quelle qu'en soit la cause, un incident de charge peut affecter les prestations à réaliser avec des véhicules qui n'auront pas disposé d'un temps de charge suffisant.

Toute panne ou incident sur l'infrastructure gagne à être détectée suffisamment tôt pour permettre une reprise manuelle ou l'application de consignes de charge de secours. Des scénarios de recharge dégradée pourront être précisés pour ne pas faire disjoncter le site (intelligence de base de la borne avec une consigne de recharge spécifique).

L'anomalie peut être physique (mauvais branchement), électrique (site) ou informatique (connexion internet) :

- Anomalie physique : branchement du véhicule, câble ou oubli de branchement par le conducteur.
- Anomalie électrique : la panne peut être liée à une disjonction. Des moyens existent pour informer et transmettre l'alerte par SMS.
- Le correspondant site peut se déplacer pour résoudre la panne en étant assisté. Des systèmes de hotline d'assistance à la résolution du dysfonctionnement existent.
- Anomalie informatique - réseau : un défaut de connexion peut avoir lieu sur la chaîne d'échange d'information (véhicule / borne / serveur).
 - Si la panne est liée à une anomalie informatique, une politique de charge de sécurité peut se mettre en place automatiquement et une alerte peut être transmise par SMS
 - En cas d'anomalie de fonctionnement informatique ou réseau, une politique de charge de secours peut se déclencher (ex. l'absence de mise à jour de consigne - si attendue - entraînera un déclenchement de la politique de charge de la veille).

Sur les sites sensibles, il est conseillé de mettre en place une procédure de contrôle pour vérifier la bonne charge des véhicules :

Par des systèmes d'information disponibles

Le système de charge mis en place peut permettre d'identifier l'anomalie. Dans ce cas, le système d'information aura intérêt à être ergonomique, compréhensible par tous et ne pas nécessiter de manipulations. En parallèle, l'organisation garantira la détection des anomalies.

Par un système d'alerte automatique

Si la charge ne s'est pas déclenchée dans les 30 minutes qui suivent l'horaire de la politique de charge, le système d'information pourra déclencher une alerte. Cette sécurisation pourrait intervenir au niveau local pour éviter de subir les anomalies de connexion entre le site et la plateforme nationale. Cette alerte est systématique, c'est l'interlocuteur site qui estimera s'il y a ou non besoin de se déplacer ou de relayer l'alerte.

Par retour d'expérience, il est confirmé que l'alerte SMS est à favoriser. L'alerte mail seule ne convient pas sauf si l'envoi est destiné à un centre de télésurveillance qui pourra faire le relais avec un agent d'astreinte.

Par une procédure opérationnelle pour identifier une anomalie

Même en absence de remontée automatique d'alerte, il est possible de détecter une anomalie.

Lorsque les véhicules sont présents sur site, il est souhaitable qu'un agent en fasse le tour (le soir et le matin par exemple). Ce tour, peut-être déjà réalisé dans certaines organisations, notamment pour vérifier la bonne fermeture des fenêtres, l'état général, a pour objectif de vérifier que les véhicules sont branchés et qu'il n'y a pas d'anomalie au niveau des bornes (voyant visible).

Le responsable du site pourra être sensibilisé pour être en mesure de diagnostiquer et identifier la source de l'anomalie (communication, alimentation courant, branchement...) et idéalement, sur la base des instructions du fournisseur, être en mesure de réinitialiser le système manuellement.

Les destinataires des éventuelles alertes seront sensibilisés aux politiques de charge mises en place et aux enjeux du VE vis-à-vis du réseau afin de ne pas déroger aux règles mises en place quand il n'y a pas d'urgence.

Par un plan de continuité d'activité

Le plan de continuité d'activité prend en compte la durée de la panne (1 jour, 3 jours...). En cas de panne avérée, il est important de se coordonner avec les agents qui connaissent leurs trajets et peuvent estimer s'ils pourront les réaliser ou non en fonction de la charge résiduelle des véhicules.

Des pistes sont à envisager pour permettre la continuité de l'activité :

- Selon l'autonomie des véhicules concernés, identifier les moyens de recharge aux alentours, dans un autre site de l'entreprise ou chez un tiers (recenser en amont les lieux de charges disponibles chez des particuliers ou dans des entreprises et les modalités d'utilisation) ;

- Identifier si, pour le site considéré, d'autres véhicules pourraient être mis à disposition pour réaliser les prestations (véhicule thermique) ;
- Prévoir des périodes de recharge, par exemple tôt le matin, qui seront mises à profit pour des charges de «secours». D'autres créneaux peuvent être identifiés, quand les véhicules sont présents sur le site, pour des recharges exceptionnelles.



Rendre visible l'état et la performance des véhicules électriques et des infrastructures permet une meilleure gestion et utilisation.



3.4.3 Mettre à profit les informations véhicule et infrastructure

Le retour d'expérience précise les informations et formats des informations essentielles, nécessaires ou souhaitables, à fournir aux conducteurs et aux managers. Les indicateurs et tableaux de bord remplissent alors différentes fonctions :

1. Détecter les situations anormales ou les situations proches du risque d'exploitation.

L'objectif prioritaire de ce besoin est de garantir la sécurité des prestations et la qualité de service. Les indications devront permettre d'identifier si le véhicule est correctement branché, s'il y a un risque de panne sèche pour un véhicule qui n'aurait pas été chargé avant une tournée ou si une borne de recharge présente un comportement anormal. Au quotidien, il est relevé comme important pour les conducteurs et leur manager de pouvoir identifier

si le véhicule est chargé ou non, si la charge, même non complète, s'est réalisée conformément au planning de charge prévu.

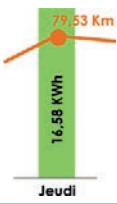
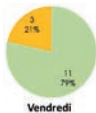

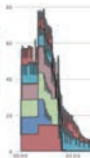
2. Être informé de l'utilisation faite des véhicules électriques.

Il s'agit grâce aux informations retournées de contrôler les usages (distances parcourues, taux d'utilisation des véhicules...) et de vérifier la rentabilité des véhicules en vérifiant leur bonne affectation et leur bonne utilisation. Ce besoin intéresse le gestionnaire de parc ou le manager en charge de l'optimisation des trajets.

3. Piloter la consommation d'électricité et les besoins en énergie du site.

Il s'agira dans ce cas, en premier lieu, d'éviter les dépassements de puissance ou également de chiffrer les économies en carburant essence ou diesel. Plus largement, des bilans complets permettront de mesurer et vérifier le bilan environnemental de l'intégration de véhicules électriques et de s'assurer de leur efficacité environnementale.

#42 Exemples d'indicateurs à l'attention des chauffeurs, gestionnaires de flotte, responsables d'exploitation ou gestionnaires bâtiments

Besoin	Indicateur	Objet	Visuel
Rassurer les utilisateurs et piloter le parc	Couple kilométrage / consommation	L'information présentée confronte la consommation perçue à la consommation réelle (exprimé en kilométrage réel) lors des déplacements. Cela permet de rassurer les utilisateurs des VE au niveau d'un site sur les capacités d'autonomie des véhicules déployés.	 Le jeudi, 16,58 kWh ont été consommés pour 79,53 km parcourus, soit une autonomie de trajet potentielle de 105,5 km (recharge maximum de 22 kWh).
Rassurer les utilisateurs	Evaluation jauge réservoirs	L'indicateur affiche la répartition du reste énergétique des véhicules (si les tournées réalisées sont difficiles ou s'il reste encore de la marge dans les distances parcourues) : quand l'ensemble des visuels sont verts, il n'y a pas de risque d'activité. A contrario, quand l'ensemble des visuels sont rouges, il y a des risques métier à considérer	 Sur cet exemple, 3 véhicules sont revenus avec moins de 15% de niveau de batterie, 11 sont revenus avec plus de 30% de batterie.
Favoriser l'utilisation des VE	Kilométrage cible	Indiquer le kilométrage parcouru et le comparer aux objectifs à réaliser pour évaluer si les véhicules électriques d'un site sont suffisamment utilisés (atteinte du point d'équilibre).	 Le «véhicule A» a parcouru 504 km dans la semaine, sur cette tendance, il dépassera l'objectif fixé à 16 000 km annuel.
Challenger sur les économies réalisées	Carburant économisé	Afficher la consommation de gazole économisée sur une période donnée et les émissions de CO ₂ évitées.	Par exemple, pour une matinée de prestation, un VE peut avoir économisé 2,31L de gasoil qui correspondent à 5,7 kgCO ₂ . Le format tableau pourra être utilisé pour ces bilans.
Piloter les consommations d'énergie du site	Courbe de charge des véhicules	La courbe de charge affiche la capacité appelée pour le site considéré et permet de voir l'évolution de la charge au cours du temps.	 En phase de fin de charge, le graphique affiche 6 véhicules (une couleur par véhicule) qui chargent simultanément. La charge diminue au cours du temps.

3.5

Accompagner les salariés et le management

3.5.1 L'appropriation des VE/IRVE dépend d'une communication adaptée

L'entreprise et la collectivité veilleront à mobiliser et impliquer les utilisateurs avant et pendant la phase d'installation des véhicules électriques et des infrastructures de recharge intelligentes. Cela nécessite non seulement d'animer le projet par une communication interne classique, mais aussi par la mise en oeuvre précoce d'une communication spécifique d'accompagnement, aux modalités participatives et ascendantes et aux phases précises.

Dans une entreprise ou une collectivité de grande taille, la diversité des acteurs et le nombre de salariés impliqués, ainsi que la complexité d'un déploiement à grande échelle impliqueront plus d'efforts d'accompagnement. Cela ne sera pas le cas du déploiement dans une petite entreprise. Deux types de préconisations sont proposés :



celles utiles à toutes les entreprises
quelle que soit leur taille



celles plutôt réservées aux grandes entreprises

Les gestionnaires de petites entreprises pourront néanmoins s'inspirer avec profit de l'ensemble de la proposition dont le cahier des charges "conduite du changement" (► Annexe 17).



L'acceptabilité
du VE par
l'utilisateur
dépend de
la lisibilité de
l'engagement
du management
et d'une
communication
adaptée.



#43 L'appropriation des véhicules électriques (VE) et infrastructures de recharge (IRVE) dépend d'une communication adaptée

1 - La communication interne revisitée ou l'assurance d'un contexte favorable (► Chap. 3.5.2)

Installer un contexte favorable, préparer managers et salariés.

- L'adaptation de la communication interne existante est un préalable à organiser très en amont du projet
- L'acceptabilité du VE par l'utilisateur dépend de la lisibilité de l'engagement de la chaîne d'acteurs de son organisation

Maintenir un environnement favorable, tout au long du projet

- L'appropriation des VE nécessite une communication interne régulière et continuellement centrée sur le sens des véhicules et de l'infrastructure pour l'utilisateur

2 - Les trois phases d'une communication spécifique d'accompagnement des utilisateurs et de leurs managers (► Chap. 3.5.3)

#PHASE 1

Sensibiliser et impliquer le salarié

- Donner du sens au projet de déploiement.
- Engager le salarié en faveur de la réussite de l'intégration et de l'usage des VE/IRVE dans l'entreprise.
- Soutenir la participation et l'implication en favorisant une communication de proximité et en la reliant à la communication interne classique puis à la communication externe sur le projet

#PHASE 2

Faire participer, former, faire expérimenter le salarié

- Communiquer en lien étroit avec les points de vue "conducteur" et "professionnel" de l'utilisateur
- Veiller à ne pas sous-estimer la capacité et l'inclination du salarié à s'intéresser aux VE et aussi aux IRVE en tant qu'objets hautement technologiques et en tant qu'innovations. Développer une communication scientifique et technique participative.

#PHASE 3

Consolider le changement, valoriser et ancrer le rôle des salariés dans l'électromobilité, en interne mais aussi en externe.

- Identifier l'apparition des phases critiques de désengagement des utilisateurs, inhérente à tout processus de changement.
- Conduire des communications de consolidation et d'ancrage. Réactiver la question du sens de l'électromobilité dans le domaine personnel et citoyen du salarié.



3.5.2 La communication interne revisitée ou l'assurance d'un contexte favorable

AVANT L'ARRIVÉE DES VE/IRVE. Installer un contexte favorable, préparer managers et salariés.

L'adaptation de la communication interne existante est un préalable à organiser très en amont du projet :



Etablir un diagnostic de la communication interne existante : identifier les termes employés ou sous-employés vis-à-vis des enjeux du développement durable, de l'innovation et des VE/IRVE ► détails en



L'acceptabilité du VE par l'utilisateur dépend de la lisibilité de l'engagement de la chaîne d'acteurs de son organisation :



Rendre visible l'engagement de la direction. Assurer et montrer la cohérence du projet avec le positionnement stratégique environnemental et économique de l'organisation.

Relier les sphères managériales, humaines et communicationnelles du projet, trop souvent délaissées lors de l'implantation d'une innovation à haute valeur

annexe 9). Réorienter la communication interne en faveur de l'innovation et d'une électromobilité innovante et citoyenne.

technique. Si le climat social est délicat, distinguer les contraintes du projet de déploiement et celles liées à la politique générale du site, pour préserver l'image a priori positive du véhicule électrique auprès des futurs utilisateurs.



Ne pas déployer des VE et leurs IRVE tant que les managers et encadrants directs des utilisateurs ne se sentent pas concernés. Ils sont la pierre angulaire du projet et la première cible de la communication.

- Identifier le rôle des managers. En faire des relais d'informations et d'implication.
- Consulter aussi en amont les encadrants directs des futurs utilisateurs. Les rassurer, leur expliquer le projet, les rendre partenaires.
- Mettre en visibilité auprès des futurs utilisateurs la légitimité de l'action et de l'engagement des managers et des encadrants.
- Identifier un référent, une personne ressource à qui les salariés pourront s'adresser.



Informez et associez le plus tôt possible les représentants des personnels.

- Expliquer les raisons du passage des véhicules thermiques aux véhicules électriques et les gains de ce choix pour les salariés, leur entreprise et le territoire. Clarifier le but de la session de prise en main des véhicules électriques, les changements organisationnels et techniques à prévoir, le rôle des infrastructures de recharge intelligentes et des éventuels compteurs embarqués... (cf. par exemple, l'autorisation d'accès aux données en conformité avec la loi informatique et libertés).

Maintenir un environnement favorable, tout au long du projet.

L'appropriation des véhicules électriques nécessite une communication interne régulière et continuellement centrée sur le sens des véhicules et de l'infrastructure pour l'utilisateur :



Faire de la mobilité électrique un sujet fédérateur tout en se servant des actions de communication habituelles de la vie interne (événements, discours, charte de bonnes pratiques, etc).



Respecter les principes de la communication éco-citoyenne (principes de légitimité, de cohérence, de transparence, d'éthique, de pratiques collaboratives ascendantes).



Partir étroitement du vécu de l'utilisateur et de ses contraintes «métier». Valoriser les identités professionnelles en relevant les éléments en lien avec les VE/IRVE.

3.5.3 Les trois phases d'une communication spécifique d'accompagnement des utilisateurs et de leurs managers

#PHASE 1 LES VE/IRVE ARRIVENT SUR SITE. Sensibiliser et impliquer le salarié - Activer son appartenance à son milieu professionnel, socioéconomique et environnemental.

Donner du sens au projet de déploiement :



Prévoir un temps court dédié à l'annonce du projet avec tous les salariés, futurs utilisateurs des VE ou non. Intégrer cette annonce dans le format habituel de la communication interne. Rappeler l'engagement de la direction, l'origine de la décision d'intégration des VE, situer les objectifs visés et les actions engagées. Relever l'intérêt pour les salariés à accepter ce changement. Présenter l'encadrant référent.



Réaliser, lors d'ateliers participatifs, un diagnostic des représentations des managers sur «le sens du projet de déploiement VE/IRVE». Faire le même exercice avec les futurs utilisateurs et leurs encadrants. Co-construire une vision partagée du projet (arguments environnementaux, économiques, sociaux, territoriaux, citoyens majoritairement actifs à ce stade-là du projet) et une vision du sens pratique et professionnel du déploiement.

Engager le salarié en faveur de la réussite de l'intégration et de l'usage des VE/IRVE dans l'entreprise. Activer une culture participative, ascendante, partant de l'expérience de terrain :



Identifier collectivement (managers puis salariés) les freins et les leviers relatifs cette fois-ci à «l'usage du véhicule électrique et de sa borne de recharge intelligente». Valoriser les aspects positifs et faire émerger les pistes d'amélioration (cf. freins et leviers les plus habituels au chapitre 2.2).



Former un groupe de référents volontaires avec les plus enthousiastes pour «les VE et/ou la mobilité durable» et/ou «la haute technologie et l'innovation» pour favoriser l'implication et la formation des salariés. Valoriser et engager les utilisateurs, en utilisant, par exemple, les techniques de la communication persuasive et de la communication engageante, pour favoriser l'implication des utilisateurs en début ou en cours de projet.

Soutenir la participation et l'implication en favorisant une communication de proximité et en la reliant à la communication interne classique puis à la communication externe sur le projet :



Faire preuve de transparence et de réflexivité.

- Proposer un lieu dédié au projet, qui comprend des informations permanentes (objectifs ; chiffres clés comme le nombre de VE, moyens engagés ; référents, témoignages...), des informations actualisées (interventions d'entreprises, avancées, formations programmées, événements) ainsi qu'un espace destiné aux remontées d'informations.
- Proposer une information vivante sur la vie du projet dans l'entreprise via une communication informelle portée par la chaîne managériale, les encadrants, les utilisateurs passionnés et via les acteurs intervenant sur site, excellents vecteurs de communication souvent oubliés.



Articuler cette communication de proximité avec la communication habituelle interne et externe.

- Faire vivre le projet par des événements réguliers et fédérateurs, liés par exemple à l'arrivée des véhicules électriques ou à l'installation des bornes. Cibler aussi bien le groupe d'utilisateurs que les parties prenantes : clients, fournisseurs, élus locaux, voisins, associations ou encore médias. S'articuler aux manifestations externes pour montrer la volonté de l'entreprise de contribuer à des enjeux globaux et actuels.

#PHASE 2 LES VE/IRVE SONT EN USAGE. Faire participer, former, faire expérimenter le salarié - Activer le sens et le goût technophile et pratique de l'utilisateur.

Communiquer en lien étroit avec les points de vue «conducteur» et «professionnel» de l'utilisateur :



Dès l'arrivée des véhicules électriques, réaliser une prise en main d'un haut niveau technique à la hauteur de l'intérêt technophile du salarié vis-à-vis de ces objets très innovants. Pour la même raison, bien expliciter les rôles de l'infrastructure de recharge intelligente. S'adapter au niveau des utilisateurs, s'assurer des connaissances de base sur la prise en main avant d'aborder les questions plus complexes sur les bornes, les questionnements relatifs à la recharge, à l'énergie et au suivi. Coupler ou relier la sensibilisation aux formations d'éco-conduite habituelles. Disposer d'un protocole de prise en main à systématiser pour tout nouveau salarié.



Le cas échéant, expliciter aux utilisateurs la fonction, l'intérêt et l'apport d'équipements de récupération de données relatives à l'utilisation du VE. Les questions les plus habituelles portent sur : les manipulations à leur charge ; les craintes liées à l'usage et au potentiel de surveillance de cet outil ; la prise en compte des contraintes métiers, thème toujours central ; les coulisses des interventions techniques.



Ne pas oublier de garder les utilisateurs au centre du dispositif. Renforcer leur intérêt pour le projet en communiquant sur l'image de plus en plus positive des VE/IRVE acquise par l'expérience concrète de conduite et de recharge. Relancer leurs retours d'expérience.



Prendre en compte les craintes éventuelles des salariés par une communication adaptée (bâti des argumentaires réactifs) et anticiper la survenue d'incidents potentiels (préparer une communication de crise). Faire de la crise un atout. Lors de l'expérimentation, l'apparition d'une panne sur un véhicule électrique a été aussitôt gérée par une communication de proximité adaptée et réactive. Mais elle a surtout permis de mettre en lumière la rapidité du réparateur et de lever ainsi une crainte forte des utilisateurs.

Veiller à ne pas sous-estimer la capacité et l'inclination du salarié à s'intéresser aux VE et aussi aux IRVE en tant qu'objets hautement technologiques et en tant qu'innovations. Développer une communication scientifique et technique participative.



Entretien l'engagement des salariés par des temps de communication scientifique et technique.

- Exploiter leur désir d'expérimentateur et leur curiosité technique et éco-citoyenne pour la singularité innovante des VE/IRVE en partant de leurs questions les plus habituelles.



Relier le vécu quotidien, professionnel et privé, des utilisateurs avec les spécificités des nouveaux usages.

- Tout vécu antérieur et familier peut s'avérer un obstacle à l'apprentissage (expérience de recharge d'appareils électriques). Il sera utile de repérer ces usages « concurrents » et de faire des comparatifs entre ces usages de technologies différentes.



Affirmer la légitimité et la crédibilité techniques du projet en faisant intervenir des scientifiques, des experts techniques externes en lien avec une personne ressource dédiée en interne au projet. Valoriser le caractère pionnier de l'usage des véhicules électriques et de leurs infrastructures de recharge.



Encadrer l'image des infrastructures de recharge intelligentes, tantôt valorisantes (bijou technologique, rôles organisationnel, socio-environnemental et économique), tantôt un peu inquiétantes (surveillance, manque d'information sur leur état).

- S'assurer de la bonne compréhension du fonctionnement des infrastructures de recharge.
- Renforcer les différents arguments en faveur des infrastructures de recharge intelligentes, par exemple :
 - communiquer sur le fonctionnement de la recharge, relever le lien avec l'utilisateur.
 - expliquer les paramètres pris en compte, l'évolution des bornes, les questions de recherche actuelle en comparaison avec d'autres innovations.
 - relever la gestion économique et opérationnelle de l'énergie notamment choix des plages horaires, adaptation aux capacités du réseau, précarité énergétique locale.

- souligner les économies d'énergie, la gestion de l'origine de l'énergie, le Bilan Carbone positif, la comparaison avec les types de recharge et les actions similaires du territoire...

- Valoriser le rôle des bornes dans la gestion de l'énergie décarbonée en utilisant avec précaution l'argument « environnement ». Les grandes entreprises pourront communiquer plus amplement sur le rôle des bornes intelligentes du point de vue environnemental. Si cet argument est très apprécié et actif au départ, il peut s'avérer délicat. Notamment si le salarié comprend mal ses termes ou encore si le projet présente des incohérences (promptitude à suspecter son entreprise et les décideurs de son territoire de faire du greenwashing). Pour ce qui concerne la diminution du Bilan Carbone opérée par les bornes intelligentes, cela a peu de sens pour les utilisateurs. Ils connaissent le phénomène planétaire du changement climatique, mais celui-ci est peu compris et souvent confondu avec le phénomène de la destruction de la couche d'ozone. De plus, quand on dit aux salariés que les VE et la gestion intelligente des IRVE contribuent à diminuer les gaz à effet de serre, ils ne pensent pas « climat » mais « réduction de la pollution de l'air ». En effet, les néophytes s'appuient sur des critères concrets et accessibles (comme la pollution visuelle et odorante dans les garages ou les rues du centre-ville). L'argument « réduction de la pollution de l'air » du choix véhicules électriques/véhicules thermiques apparaît donc comme plus actif et plus précoce que l'argument « diminution du Bilan Carbone ». Pour valoriser le rôle des bornes et garder l'argument « climat », il conviendra d'abord de traiter l'argument « pollution de l'air », puis de bien vulgariser la thématique changement « climatique/énergie », notamment les termes habituellement employés par les spécialistes du Bilan Carbone. Les termes difficiles relevés sont par exemple : bilan des émissions de gaz à effet de serre ; tonnes équivalent carbone ; énergie carbonée ; « du puits à la roue » / « du puits au réservoir » ; mix énergétique ; effet de serre ; couche d'ozone etc. En revanche, la question de la gestion « intelligente » de l'origine de l'énergie par la borne est ensuite bien comprise et très appréciée. Elle sera valorisée. Mais elle sera aussi accompagnée car elle suscite souvent la mise en question de l'origine de l'électricité, en l'occurrence nucléaire, qui peut fragiliser l'argument environnemental. Cela apparaît fortement dans les phases de rejet associées à la conduite du changement. L'idée est donc de donner une culture ouverte du mix énergétique français et de relier les VE du futur à toutes les origines d'énergie.

“

L'utilisateur s'intéresse aux VE et aux IRVE, veiller à alimenter sa curiosité.

”

#PHASE 3 LES VE/IRVE SONT EN USAGE GÉNÉRALISÉ.

Consolider le changement, valoriser et ancrer le rôle des salariés dans l'électromobilité, en interne mais aussi en externe

- Activer l'expertise acquise par l'utilisateur, son rôle de veilleur du bon fonctionnement des VE/IRVE et d'ambassadeur de l'électromobilité.

Comme dans toute situation de changement, l'appropriation des VE passe par des phases d'intérêt, d'accord et de rejet de l'usage. A ce stade du projet et malgré l'adhésion enthousiaste de départ, plusieurs des arguments positifs de l'usage des VE/IRVE risquent soudain d'être mis à l'index. Certains utilisateurs et managers apparaissent désabusés, critiques, déresponsabilisés (renvoi de l'effort ou de la faute aux politiques, à l'Etat ou à la Direction ; réapparition des freins à l'usage du véhicule électrique). Il convient donc ici de leur redonner confiance et de passer ce cap habituel mais délicat.

Identifier l'apparition des phases critiques de désengagement des utilisateurs, inhérente à tout processus de changement.



Repérer la perte de confiance et d'adhésion des salariés à mi-parcours

- Repérer la dégradation des arguments «environnement» et «territoire» qui justifiaient fortement leur participation au départ. L'utilisateur peut exprimer alors une posture désabusée sur la réalité citoyenne et utilitaire du choix «VE IRVE / mobilité durable» par son entreprise ou encore par sa ville ou son pays. Son effort individuel lui paraît inutile, comme perdu dans un océan d'immobilisme sociétal.

- Repérer l'incapacité soudaine du salarié à projeter l'usage des VE dans sa sphère privée. Au départ, le salarié se met naturellement à se renseigner sur les possibilités d'acquérir un véhicule électrique dans sa vie quotidienne personnelle. Dans la phase de rejet, il va relever soudain tous les freins liés à la généralisation et au bien-fondé sociétal d'un tel usage à titre privé.

Conduire des communications de consolidation et d'ancrage. Réactiver la question du sens de l'électromobilité dans le domaine personnel et citoyen du salarié.



Replacer l'utilisateur au centre du dispositif. Valoriser les efforts et initiatives des salariés en faveur de la réussite du projet en apportant la preuve des gains réalisés grâce à leur participation. Les remercier de leur implication et de leur investissement.



Réassurer le bien-fondé de l'engagement de l'utilisateur en le reliant aux actions et politiques collectives de mobilité durable et aux autres innovations dans ce domaine.

Réactiver sa fierté d'appartenance à un projet pionnier.

- Valoriser les actions de mobilité électrique menées dans la stricte proximité du salarié, sur son territoire, et dans des projets en faveur de la mobilité durable dans lesquelles l'Etat s'investit.
- Relever les autres innovations qui participent avec les VE/IRVE à la mobilité du futur.
- Mobiliser ici les deux arguments qui n'ont jamais failli : l'argument «usage» (salarié expérimentateur, testeur) et l'argument «innovation» (salarié pionnier, ambassadeur) en témoignant au sujet de programmes clés en matière d'innovation française.



Consolider l'adhésion retrouvée du salarié en réactivant son intérêt pour l'usage du VE à titre privé et sa fierté d'être un ambassadeur actif de l'électromobilité.

- Proposer aux salariés un moment d'échange et d'information sur les possibilités de pratique à titre privé du VE. Faciliter les accessions privées si possible. Nouer des partenariats avec les acteurs territoriaux engagés dans la mobilité locale.
- Valoriser l'engagement de tous les acteurs partenaires du projet en interne comme en externe.
- Mettre en place des actions de communication externe avec les utilisateurs devenus ambassadeurs (au niveau des clients, par exemple).

Même si ce n'est pas du ressort du gestionnaire de flotte, ce renforcement du sens de l'électromobilité sera utilement relayé par des campagnes publiques en faveur de l'environnement et des actions collectives qui restent un signal important pour le salarié, bien exprimé lors des entretiens menés.

Les préconisations pour déployer des véhicules électriques

L'ensemble des sites étudiés couvre un panel représentatif de cas d'usage qui pourront être rencontrés par les entreprises et collectivités.

Les retours d'expériences et l'étude de ces différents cas aboutissent à un ensemble de préconisations qui visent à faciliter et assurer le déploiement de véhicules électriques et de leur infrastructure dans une flotte professionnelle.

En premier lieu, la préparation du déploiement est à considérer avec des diagnostics préalables :

- d'ordre organisationnel : la définition du parc éligible aux véhicules électriques en lien avec la politique ou le plan de déplacement de l'entreprise ou de la collectivité, et fonction des usages ;

- d'ordre technique : permettant de recueillir la totalité des informations (bâtiments, contrats d'énergie...) nécessaires au choix des installations.

Le bon fonctionnement du système dépendra ensuite de certains choix techniques adaptés aux cas rencontrés :

• Le choix des infrastructures.

Des solutions techniques sont proposées. Il s'avère possible, dans certains cas, d'avoir recours à une infrastructure simple, sans équipement complexe ou plateforme informatique associée. En premier lieu, le dispositif de recharge garantit la faisabilité de la recharge des véhicules : les véhicules seront rechargés conformément aux besoins identifiés. D'autres jeux de contraintes et souhaits d'optimisation peuvent induire la sélection d'une architecture plus complète avec des équipements qui peuvent fournir

des informations de suivi et permettre la commande de la recharge. Du cas le plus simple au cas le plus complet, 4 formats d'architecture technique de recharge des véhicules électriques ont été identifiés.

• Le choix de la politique de recharge (pour une architecture technique donnée)

Les politiques de recharge - de la plus simple à la plus complète - peuvent permettre de recharger les véhicules sur certaines plages horaires (du type Heures Pleines / Heures Creuses), fixer un palier de puissance à ne pas dépasser ou la moduler pour un ou plusieurs véhicules. Le pilotage peut respecter certaines contraintes et moduler l'intensité de recharge par borne en évitant les dépassements de puissance souscrite ou encore mesurer la puissance disponible pour adapter la recharge des véhicules. Les politiques de recharge permettent de réduire ou éviter certains coûts, jusqu'à 14% de gains constatés pour une flotte considérée, et de limiter les émissions de CO₂, jusqu'à 30% de réduction d'émissions.

Un déploiement de VE concerne et impacte l'organisation, ses salariés et son management. **L'entreprise et la collectivité pourront préparer un contexte favorable pour l'arrivée de véhicules électriques conformément à leurs engagements.** L'attention devra porter sur les processus à mettre en place dans des situations spécifiques : rupture de charge, période de températures extrêmes, conduite différente... Cela nécessite d'animer le projet par une communication interne classique, mais aussi par la mise en œuvre précoce d'une communication spécifique d'accompagnement, aux modalités participatives et ascendantes et aux phases précises. Les retours d'information et la mise à disposition de tableaux de bord au quotidien représentent également un point clé.

4.

Les
perspectives
pour
l'entreprise
et la
collectivité.

**Dans cette partie,
les questions que peuvent se poser
les entreprises et les collectivités
concernant la transformation
des acteurs, leur positionnement, le
marché et le paysage énergétique,
trouvent des éléments de réponse.**

**Comment peuvent évoluer
le prix du véhicule électrique
et de l'énergie ?
[▶ Chap. 4.1]**

**D'un point de vue économique
et environnemental, quelles sont
les tendances à prévoir selon les
modifications du contexte politique ?
[▶ Chap. 4.2]**

**Et comment les offres et surtout les
services, peuvent-ils changer ?
[▶ Chap. 4.3]**

**Enfin, selon certaines possibilités
d'évolution, qui seront les nouveaux
interlocuteurs des entreprises
et collectivités ?**

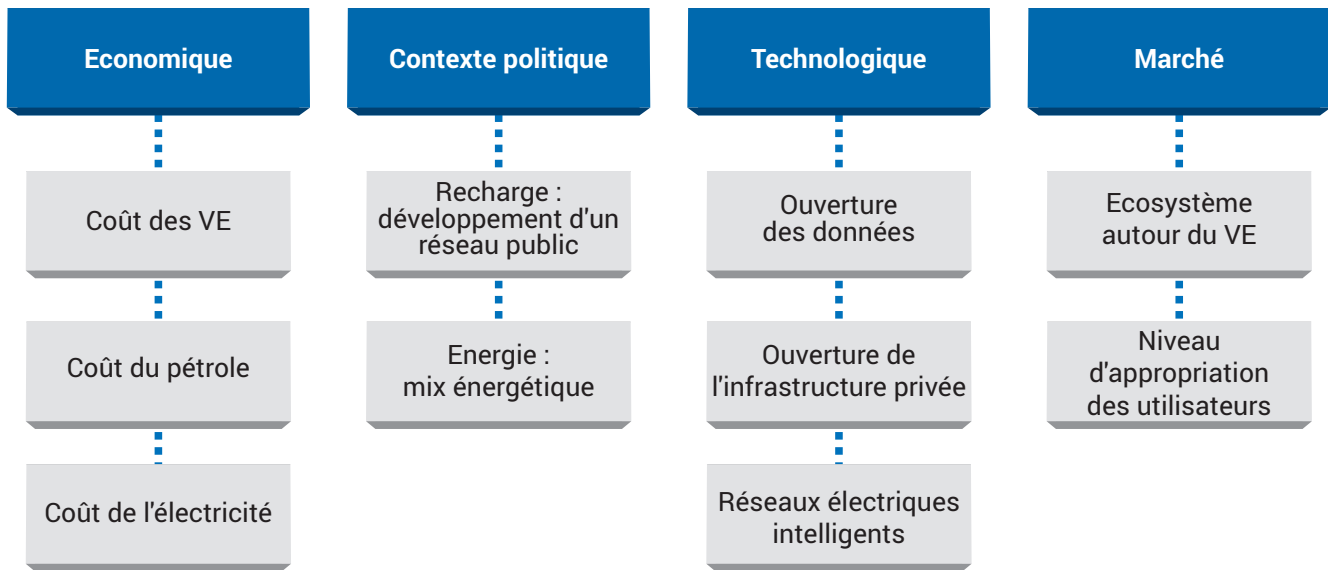
**Comment va se transformer
l'écosystème du véhicule électrique
dans son ensemble ?**

**En ce qui concerne la perception
du véhicule électrique, faudra-t-il
adapter la communication
d'accompagnement du changement ?
[▶ Chap. 4.4]**

Une entreprise ou une collectivité souhaitera, en amont de l'investissement à la fois économique et humain que représente le déploiement de véhicules électriques, disposer d'une certaine visibilité afin d'en garantir la viabilité à court, moyen et long terme.

Les entreprises et collectivités se posent, entre autres, la question de l'évolution du prix et des offres de mobilité électrique (véhicule, infrastructure de recharge, énergie). Sur la base de scénarios prospectifs et d'échanges avec les acteurs de l'écosystème du véhicule électrique, plusieurs facteurs, influant sur les performances économique, environnementale et sociale et susceptibles de changer à plus ou moins long terme, ont été analysés.

#44 Les principaux facteurs qui impactent les bilans économiques, environnementaux et sociaux



4.1

Le coût du véhicule électrique et des énergies

Quelles sont les déformations possibles du coût total des flottes de véhicules ? Quel retour sur investissement représentera le déploiement de véhicules électriques au sein d'une flotte de véhicules ? La suite précise les évolutions possibles du prix d'achat du véhicule et du coût de l'énergie pour éclairer les entreprises ou collectivités.

La France importe près de 98% du gaz et près de 99% du pétrole et du charbon qu'elle consomme. Le gaz et le pétrole sont utilisés à 70% pour le bâtiment et le transport. En 2013, 98% du déficit commercial est dû au poste énergie, avec des importations énergétiques nettes de la France qui s'élèvent à 61 milliards d'euros. Le véhicule électrique constitue un moyen de relever le défi de la transition énergétique et peut contribuer à réduire la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles. Le développement du marché est cependant freiné par le coût encore élevé des véhicules électriques. Certaines mesures fiscales peuvent accompagner utilement l'essor du marché pour donner un élan à la transition énergétique.

“
Le véhicule électrique constitue un moyen de relever le défi de la transition énergétique en réduisant la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles.
”

4.1.1 Le coût du véhicule électrique

Une diminution du prix d'acquisition des véhicules électriques a un effet immédiat sur le coût total de possession et le rend plus compétitif vis-à-vis du véhicule thermique : il abaisse l'écart de prix à l'achat. Pour l'entreprise ou la collectivité, ceci aura un impact sur la flotte optimale à déployer.

A ce jour, le point d'équilibre, distance à partir de laquelle le véhicule électrique est plus intéressant économiquement que le véhicule thermique, est atteint autour d'une distance annuelle de 13 000 km, qui prend en compte le bonus écologique. Cela induit un kilométrage journalier d'environ 50 km qui n'est pas toujours facile à atteindre car cela dépend de l'activité réalisée. La baisse du prix d'achat du véhicule électrique diminuera la distance à parcourir pour atteindre le point d'équilibre : cela permettra par conséquent à un nombre plus important d'entreprises et de collectivités d'envisager un déploiement viable économiquement.

Les analyses économiques réalisées tiennent compte du bonus écologique. Son maintien est nécessaire tant que les prix de vente des véhicules électriques ne baisseront pas pour ne pas ralentir le développement de la filière électro-mobilité française. Plus largement, certaines mesures fiscales pourraient favoriser l'achat de véhicules électriques comme par exemple :

- Concernant le véhicule électrique en lui-même : faire baisser le coût d'acquisition des VE, par exemple en appliquant la TVA sur le prix du véhicule bonus écologique déduit ;
- Pour l'infrastructure de recharge : appliquer un taux de TVA réduit sur les travaux d'installation des infrastructures ou rendre l'installation et le matériel éligibles à un crédit d'impôt ;
- Dans le contexte de l'utilisation de véhicule en entreprise : ne pas restreindre l'application du bonus écologique en LLD aux contrats de plus de 2 ans, inciter les loueurs longue durée à proposer des véhicules électriques avec la mise en place d'un fond de garantie à leur attention, modifier les bases de calcul forfaitaire des avantages en nature pour le VE notamment.

Quelles que soient les mesures fiscales utilisées pour soutenir le développement de la filière, qu'il s'agisse de bonus à l'achat ou de taxes, **la stabilité du statut fiscal favorise l'achat car il conforte les analyses de rentabilité et calculs de retours sur investissement que les entreprises ou collectivités peuvent avoir réalisés.**

4.1.2 Le coût du pétrole

Un gestionnaire de flotte peut être amené à se demander comment gérer la volatilité du prix du pétrole dans la constitution de sa flotte.

L'évolution du prix du pétrole

D'après un rapport de la Commission Européenne sur les coûts de l'énergie et leurs évolutions, le prix du baril de pétrole pourrait augmenter de 23% en 2020 et de 45% en 2025 par rapport à 2010.

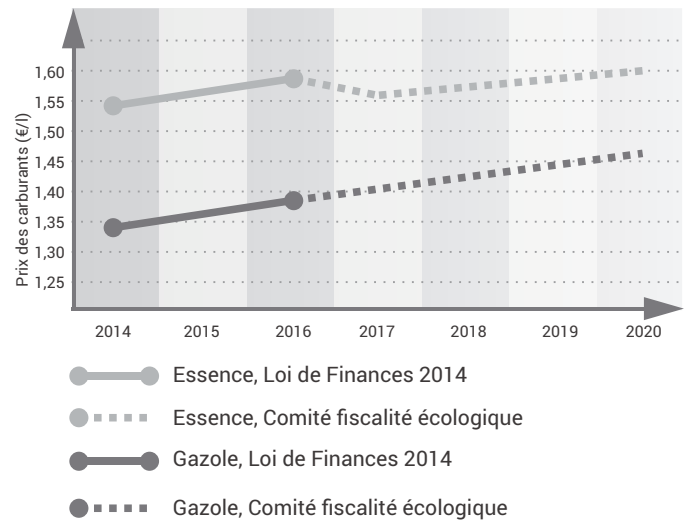
Dans le cadre du projet de loi de finances de 2014¹, une contribution climat-énergie a été mise en place au travers de la TICPE (Taxe Intérieure de Consommation des Produits Énergétiques) et a pris effet au 1^{er} avril 2014. Elle taxe les produits énergétiques en fonction de leur contenu CO₂. La TICPE augmentera au rythme de 14,5€/tonne CO₂ en 2015 et 22€/tonne CO₂ en 2016. Pour le gazole et l'essence, la TICPE évoluera donc de la façon suivante (hors TVA) :

Le Comité sur la fiscalité écologique du Débat National sur la Transition Énergétique, présidé par Christian De Perthuis, proposait un prix du carbone de 20€/tonne en 2020. D'après la loi de Finances 2014, l'écart du prix à la pompe entre le gazole et l'essence sera en 2016 de 17,3 c€/l alors que le Comité de la Fiscalité Écologique préconise un écart de 15 c€/l à cette échéance. Le Comité préconise de diminuer plus rapidement la différence de prix entre l'essence et le gazole pour atteindre en 2018 une différence moyenne de 10,7 c€/l ce qui correspond à la différence moyenne aujourd'hui constatée pour les autres pays européens.

En tenant compte de la TVA, les prix des carburants pren-

draient donc les valeurs suivantes entre 2014 et 2020, soit une hausse de 9% pour le gazole en 2020 et 2% pour l'essence en 2020 :

#46 Evolution du prix des carburants en fonction de l'évolution de la TICPE



L'impact sur le véhicule électrique

La variation du prix du gazole va avoir un impact variable selon les organisations et les flottes de véhicules considérées. D'où l'intérêt de suivre régulièrement l'évolution des prix et du poste carburant.

En général, la rentabilité du véhicule électrique sera plus rapide à atteindre avec un prix du carburant qui augmente : une augmentation de 45% du prix du gazole (de 1,4 €/l à 2 €/l) peut induire une baisse de 30% du point d'équilibre : il suffira alors que le véhicule électrique parcoure en moyenne 35 km/jour et non pas 50 pour devenir plus rentable que le véhicule thermique.

#45 Evolutions de la TICPE pour l'essence et le gazole (€ hors TVA/hl)

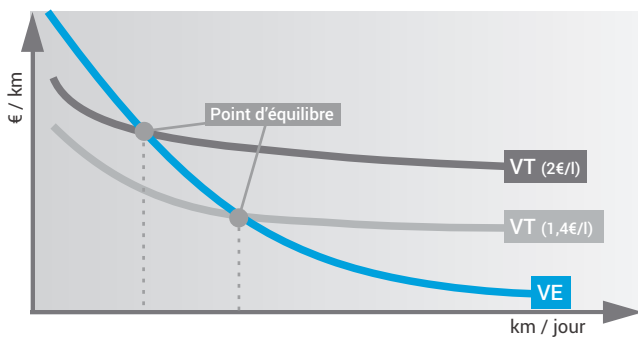
Produits	2014	2015	2016
Supercarburant sans plomb SP95 – E10	61,42	62,41	64,12
Supercarburant sans plomb (SP 95 / SP 98)	61,42*	62,41	64,12
Gazole	44,19*	44,82	46,81

* Excepté pour les régions Poitou-Charentes et Corse, elle est de 58,92€/hl et 57,92€/hl en Corse pour le SP95 et SP98, et de 41,69 €/hl pour le gazole.

1 - <http://www.economie.gouv.fr/projet-loi-finances-2014>

Pour certaines flottes, une augmentation sensible du prix du gazole n'aura pas forcément d'impact sur le nombre de véhicules électriques et thermiques à déployer sur les sites. En effet, les paramètres pour définir le nombre optimal de véhicules à déployer peuvent être autres que le coût du pétrole : capacités d'emport des véhicules ou caractéristiques des trajets par exemple.

#47 Schématisation de l'évolution du point d'équilibre VE-VT en fonction de l'évolution du prix du gazole



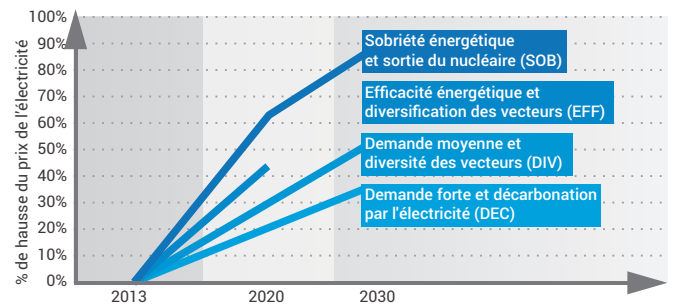
4.1.3 Coût de l'électricité

L'évolution du prix de l'électricité et son impact sur le VE

La loi NOME (Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité) votée le 7 décembre 2010 vise à créer les conditions d'un développement de la concurrence sur le marché de détail de l'électricité. Dans ce cadre, les tarifs jaune et vert (pour les grandes et moyennes entreprises) seront amenés à disparaître progressivement avant leur extinction totale au plus tard le 31 décembre 2015. De plus, les tarifs de l'électricité seront progressivement construits par addition des coûts réels (coûts d'approvisionnement, coûts de production, coûts d'acheminement...) qu'ils ne reflètent pas aujourd'hui et seront donc amenés à augmenter dans les années à venir.

Le Groupe de Travail sur le Mix énergétique du Débat National sur la Transition Énergétique (DNTE) a identifié 4 trajectoires illustratives sur la base des 11 scénarios proposés par les différentes parties prenantes. Suivant ces 4 trajectoires de scénarios énergétiques, l'augmentation du prix de l'électricité serait en moyenne de 40% à horizon 2020 et de 60% à horizon 2030.

#48 Hausse du prix de l'électricité suivant les 4 trajectoires étudiées dans le cadre du DNTE



Seules les trajectoires SOB, EFF et DIV sont retenues dans les analyses suivantes.

“ La structure du coût total du véhicule électrique limite l'impact d'une évolution tarifaire de l'électricité. ”

Deux de ces trajectoires ont été traitées pour identifier leur impact sur le coût complet des véhicules électriques :

- Sur la base d'un scénario «Grenelle» de la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) qui prend en compte l'effet des mesures et l'atteinte des objectifs prévus par les lois Grenelle I et II à horizon 2020, la hausse du coût complet est de 2% d'ici 2020 et 3% d'ici 2030 (scénario «DIV» du graphique 48).
- Sur la base d'un scénario Greenpeace («SOB» dans le graphique 48) qui propose la fin de la production électronucléaire en une vingtaine d'années au profit d'un parc de production presque intégralement basé sur les énergies renouvelables, la hausse du coût complet est de 4% d'ici 2020, et de 6% d'ici 2030.

En 2020, la moyenne des deux scénarios induit une augmentation de 3% du coût complet.

Même avec une augmentation sensible du coût de l'électricité, la structure du coût total du véhicule électrique (2/3 de coûts fixes, 1/3 de coûts variables) limite l'impact sur le coût complet.

L'évolution de la structure tarifaire et son impact sur le VE

La faible différenciation actuelle entre le tarif Heures Creuses (HC) et Heures Pleines (HP) ne permet pas dans tous les cas de justifier économiquement la mise en place d'un pilotage de la recharge. La différence de tarification entre les HC et les HP pourraient être plus marquée afin d'inciter les véhicules électriques pilotés suivant le signal HC/HP à se recharger davantage dans les plages horaires où le mix électrique est le moins carboné.

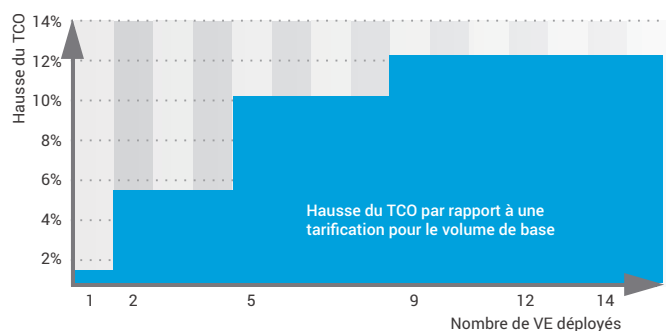
Dans le cas des tarifs jaune et vert pour lesquels les dépassements de puissance souscrite sont autorisés, le pilotage de la recharge des véhicules électriques présente un intérêt économique puisqu'il peut permettre d'éviter ou de limiter les pénalités de dépassement.

Les changements du tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE) vont conduire à une augmentation de la tarification en puissance et donc des pénalités de dépassement, et ceci également pour le tarif bleu. Cette modification de structure tarifaire vise à préserver les réseaux publics de distribution d'électricité et à limiter ainsi des investissements supplémentaires.

La mise en place d'une tarification progressive (ou «tarif bonus-malus») en France précédemment proposée dans le projet de loi Brottes, consistait à augmenter le coût de l'électricité principalement pour les ménages qui ont un volume de consommation supérieur au volume de base. Ce dernier reposait sur le nombre d'occupants, la zone climatique et le mode de chauffage mais ne tenait pas compte de la présence de véhicules électriques chez l'utilisateur final, et ceci pouvait induire des hausses significatives du coût complet du véhicule électrique. Les nouvelles modalités de cette tarification progressive devraient être proposées et connues au plus tard neuf mois à compter de la promulgation de la loi de programmation sur la Transition Énergétique.

En faisant l'hypothèse d'une tarification progressive de l'électricité et s'appliquant aux sites professionnels, sans prise en compte de l'existence de véhicules électriques sur le compteur des utilisateurs, pour un site au tarif bleu français, ceci peut impliquer une hausse du coût complet du véhicule électrique de 10% à 13% à partir de 5 véhicules sur un site. Cette augmentation est significative comparée à une hausse de la prime fixe annuelle liée à l'augmentation de la puissance souscrite du contrat. L'intérêt pour les entreprises et les collectivités serait d'exclure la consommation des VE dans l'application du tarif progressif.

#49 Evolution du TCO en fonction du nombre de VE déployés sur le site



L'impact de nouvelles mesures fiscales

L'apparition d'une nouvelle taxe sur l'achat de l'électricité peut affecter l'équilibre économique calculé par l'entreprise ou la collectivité.

Le Comité sur la fiscalité écologique du Débat National sur la Transition Énergétique a proposé d'introduire une composante carbone dans le tarif électrique de détail à partir de 2018, avec l'objectif d'atteindre un prix du carbone de 20€/tonne CO₂ en 2020.

Cette contribution climat-énergie impliquerait seulement une hausse de 1% à 2% du prix de l'électricité en 2020, soit de 0,06% à 0,12% sur le TCO du véhicule électrique, suivant un mix énergétique qui suit, soit une trajectoire visant à améliorer l'efficacité énergétique et diversifier les vecteurs, soit allant vers la sobriété énergétique et la sortie du nucléaire. Cette hausse est mineure comparée à la hausse provoquée par la modification de la structure du mix énergétique français (40% du prix de

l'électricité en moyenne en 2020).

Pour ne pas peser sur les premiers déploiements de VE, les modalités d'application des projets de taxes éventuelles pourraient vérifier qu'elles ne s'appliquent pas sur les véhicules achetés en amont mais uniquement sur l'ensemble des véhicules achetés après, en connaissance du système et de son impact sur le coût complet du véhicule.

La sensibilité future du véhicule électrique aux évolutions tarifaires de l'énergie et les projections d'évolutions établies renforcent la nécessité des diagnostics préalables pour mieux dimensionner son parc et son abonnement par site.

4.2 Le contexte politique

L'évolution du contexte politique
- nouvelles orientations, décisions,
réglementations - peut impacter
le développement du véhicule électrique.

Est-ce que l'évolution du mix énergétique
pourra affecter la performance
environnementale du VE ?
Le développement des infrastructures
de recharge des véhicules électriques
pour le grand public aura-t-il
des incidences ? Lesquelles ?

Cette partie précise ces deux points.

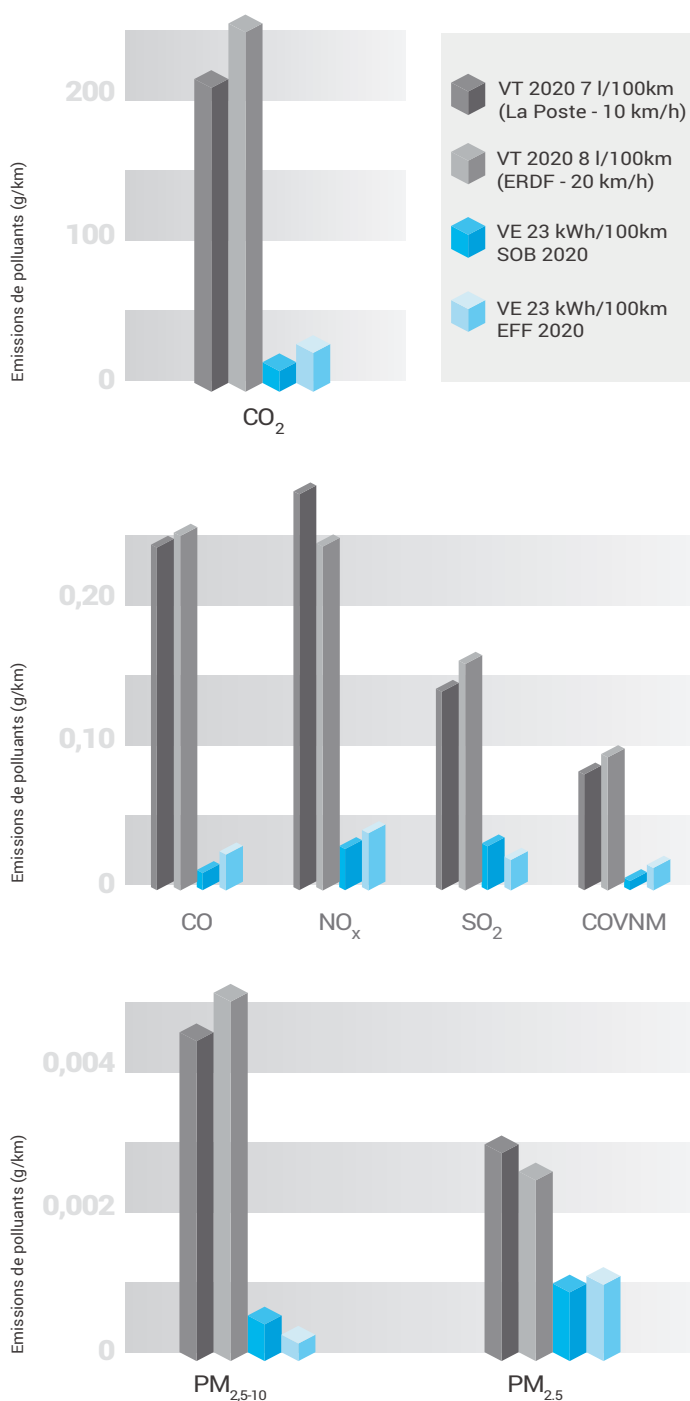
4.2.1 Le mix énergétique

Le groupe de travail sur le mix énergétique du débat national sur la transition énergétique a précisé quatre trajectoires vues précédemment. Deux des quatre trajectoires proposent d'atteindre les objectifs fixés dans le projet de loi de Transition Énergétique :

- EFF : Efficacité énergétique et diversification des vecteurs énergétiques (baisse de 52% de la demande en énergie finale comparée à 2011, 25% de nucléaire dans le mix électrique à partir de 2040 et 70% d'EnR en 2050), développement des transports urbains et des nouvelles mobilités qui permettent une légère réduction de l'usage des véhicules particuliers.
- SOB : Sobriété énergétique et sortie du nucléaire (baisse de 52% de la demande en énergie finale comparée à 2011, 0% de nucléaire dans le mix électrique et 90% d'EnR en 2050).

Ces trajectoires peuvent induire des hausses d'émissions pour la production d'électricité, en gaz et particules suivants : CO, COVNM et PM_{2,5-10}. Selon ces trajectoires, le véhicule électrique continuerait à émettre moins de polluants du puits à la roue que le véhicule thermique. Ces trajectoires présenteraient en outre l'avantage d'inverser la tendance pour les émissions de particules PM_{2,5} : le véhicule électrique en émettrait moins que le véhicule thermique.

#50 Facteur d'émissions de CO₂, CO, NO_x, SO₂, COVNM et de PM des VT-VE suivant différents mix électriques en 2020, du puits à la roue



A horizon 2030 et 2035, les différentes trajectoires possibles pour le mix énergétique de la France permettent de conserver un bilan environnemental pour le véhicule électrique meilleur que le véhicule thermique.

Il est à noter que la modification de la structure du parc électrique français aura des impacts sur le coût de l'électricité.

4.2.2 Le développement d'un service de recharge public

L'Etat souhaite mettre en place un réseau national de bornes de recharge rapide sur l'ensemble du territoire national¹ et continue à encourager et à faciliter les déploiements des collectivités locales, ainsi que des acteurs privés qui prennent le relais de ce maillage national en infrastructures de recharge. Ce réseau de bornes a pour objectif de garantir à l'utilisateur de véhicule électrique une capacité de recharge sécurisant son trajet.

Cette mise en place d'infrastructures publiques peut compléter le réseau d'infrastructures installées dans les flottes des entreprises et des collectivités.

Dans le cadre de l'expérimentation, des sites ont fait part de leur intérêt de disposer de possibilités de recharge sur des bornes de l'espace public ou sur des bornes opérées par des réseaux d'auto-partage afin de déployer des véhicules sur des trajets plus longs ou de favoriser une recharge d'appoint en journée.

Le développement en parallèle du réseau des infrastructures de recharge publiques et des flottes privées de véhicules électriques contribuera au développement du marché des véhicules électriques.

¹ - Loi n° 2014-877 du 4 août 2014 facilitant le déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge de véhicules électriques sur l'espace public

4.3 Les nouvelles offres

La technologie associée au véhicule électrique ainsi qu'aux bornes est prête et disponible sur le marché. Certains standards accompagnent et homogénéisent la technologie, notamment sur les connectiques.

Des réglementations précisent certaines applications.

D'autres avancées sont attendues pour étoffer l'offre et mettre à disposition des produits et services (sur le véhicule, l'infrastructure de recharge et l'énergie) pour la gestion des véhicules électriques et des flottes qui en comportent. Ils seront améliorés pour répondre aux besoins et aider à l'optimisation de la gestion des véhicules électriques.

Les évolutions majeures de l'offre se situeront autour de l'interopérabilité des données, des services de recharge publique, de l'ouverture de la recharge à d'autres véhicules et des possibilités de pilotage multi-sites.

4.3.1 L'ouverture des données

La donnée est un sujet qui ne concerne pas que le véhicule électrique : les véhicules thermiques, de plus en plus connectés, soulèvent des questions analogues. La question de la géolocalisation comme celle de la consommation de carburant ou de la distance parcourue, sont des considérations communes aux deux types de motorisations même si la technologie liée au véhicule électrique suscite plus d'attente en ce qui concerne l'accès aux données.

Pour une entreprise avec des véhicules électriques et un besoin complémentaire d'informations sur l'infrastructure de recharge et l'énergie, les données peuvent être requises auprès des parties prenantes suivantes :

- Les constructeurs automobiles avec la présence d'un boîtier connecté (première monte ou ajouté à posteriori) pour remonter les données d'usages du véhicule ;
- Les fournisseurs de bornes avec la présence d'équipements spécifiques pour remonter les données d'usages de la borne ;
- Les fournisseurs d'électricité avec les compteurs intégrés permettant de remonter les données d'usages du réseau électrique et du bâtiment (via la GTB) ;

Les données liées à la batterie peuvent aider le gestionnaire de flotte de véhicules électriques :

- L'accès à l'état de charge du véhicule (SoC, SoH, température de la batterie, pré-conditionnement) ouvre des possibilités pour le pilotage de la recharge. Ne pas en disposer pénalise la précision des prévisions du niveau de charge nécessaire (suite à la prestation réalisée et en prévision de la prestation à venir). L'absence de connaissance du SoC affecte l'intelligence de charge et induit la prise de marges de sécurité supplémentaire. La connaissance du SoC du véhicule peut néanmoins être remplacée par une estimation et des boîtiers.
- Chaque constructeur, en fonction des technologies de batterie employées, émet des recommandations de bon usage. Les préciser et les expliciter présente un intérêt pour l'adaptation des consignes de charge. Ainsi, prendre en considération

les consignes des constructeurs automobiles, par exemple sur les paliers de charge, permettant d'adapter les consignes de charge afin de préserver la durée de vie de la batterie. (► Annexe 19, constats et retours d'expérience sur la charge et les batteries.)

Les données relatives au réseau électrique présentent également un intérêt :

- Le contenu CO₂ du mix électrique au niveau national ou la courbe de consommation nationale en temps réel (accessible auprès de RTE), afin de minimiser les appels de puissance lors des périodes de pointe et limiter ainsi la sollicitation des moyens de production électrique les plus carbonés.
- Un signal prix dynamique reflétant en temps réel l'état du réseau électrique afin de minimiser les impacts de la recharge des véhicules électriques sur le réseau public.
- La courbe de consommation nationale en temps réel afin de minimiser les appels de puissance lors des périodes de pointe.

Dans une flotte d'entreprise ou de collectivité, **l'accès à des données en temps réel** s'avère être un moyen de sécuriser les usages et rassurer les utilisateurs des véhicules. Ces données concernent principalement la recharge (information de fin de charge...) et l'autonomie (niveau de charge des véhicules, autonomie restante...). Il est également possible de récupérer les données à posteriori pour des analyses de remontée d'indicateurs, par exemple pour l'amélioration de la performance et de la gestion de flotte.

Accéder plus ouvertement à ces données présente un intérêt et un levier pour l'optimisation de l'usage des véhicules électriques, garantie de leur déploiement et de l'avènement du marché.

Deux points restent cependant à fiabiliser :

- **Les protocoles d'échanges** entre la borne et les systèmes d'information en amont ne sont pas normalisés. Sous l'impulsion de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), les travaux relatifs à la normalisation des protocoles d'échanges de données doivent se poursuivre sur la base du protocole «OCPP» (► Annexe 15, Open Charge Point Protocol). Entre les acteurs, les flux de données ne sont pas stan-

dardisés. Se diriger vers des formats ouverts de données est une tendance qui se confirme.

- Aujourd'hui, quelle que soit la donnée, pour les gestionnaires de flottes, les aspects de **sécurité et communication** prennent le dessus, les prochaines étapes seront l'ouverture des données (bornes et véhicules open data) et la gestion de l'énergie et du réseau (micro smart grid, boucle locale). Dans les architectures techniques préconisées au chapitre 3 précédent, l'accès à l'information par les moyens déjà en place évite le recours à des équipements de mesure complémentaires dont le coût peut être conséquent (abonnement à un boîtier de mesure) et pour lesquels la confidentialité des informations est à considérer.



Accéder plus facilement aux données véhicules et réseau représente un levier d'optimisation de l'usage des véhicules électriques.



4.3.2 L'ouverture de l'infrastructure privée

L'ouverture des données facilitera l'organisation et la mise en oeuvre d'une éventuelle ouverture des infrastructures de recharge de l'entreprise ou de la collectivité. En fonction de la disponibilité des bornes, un service de recharge peut être proposé aux employés ou à des personnes externes. Cette ouverture de la recharge permise par des technologies simples (badge de reconnaissance, gestion des accès) peut être intégrée dans les réflexions autour de l'intelligence de la recharge.

En ce qui concerne les modalités de mise en oeuvre, la configuration du lieu est importante, au même titre que les règles d'accès et de circulation.

Selon les structures, un parking pour le personnel peut être proposé avec une distinction avec le parking professionnel. Les différentes configurations et les activités des sites doivent être considérées avec attention, notamment pour des raisons de sécurité.

Le choix d'implantation des infrastructures de recharge de véhicules électriques en limite de propriété peut permettre une utilisation par d'autres segments d'utilisateurs (salariés, tiers...) lorsque la place des véhicules est libre, c'est-à-dire quand ils sont en activité et que le point de charge est disponible.

L'ouverture du service de recharge pourrait, à moyen terme, aider l'entreprise ou la collectivité à amortir davantage l'investissement lié à ses infrastructures tout en accompagnant l'essor du véhicule électrique.

“

En cas de déploiement massif de véhicules électriques, ce sont les appels de puissance qui seraient le plus contraignants pour le réseau.

”

4.3.3 Les réseaux électriques intelligents

Les impacts d'un déploiement massif de véhicules électriques

À l'échelle d'un site, la densification de véhicules électriques peut engendrer des dépassements de puissance souscrite ou le déclenchement du disjoncteur électrique du site. Qu'en est-il à une échelle plus importante ?

La Poste et ERDF ont pour objectif de déployer 12 000 véhicules électriques à terme (respectivement 10 000 et 2 000). Au niveau national, le déploiement de véhicules électriques dans les flottes professionnelles pourrait atteindre 242 000 véhicules rechargeables¹ sur le territoire français en 2020.

Suivant l'exemple considéré, la consommation de 12 000 et 242 000 VE et l'équivalent en nombre d'habitants est donné ci-dessous soit une fourchette de 0,01% à 0,14% de la consommation d'énergie annuelle.

#51 Niveau de consommation d'énergie, rapporté à la consommation annuelle française et au nombre d'habitant, en fonction du nombre de VE déployés

Déploiement	% Consommation annuelle en France	Equivalent en consommation annuelle d'un habitant
12 000 VE	0,01%	4 500 habitants
242 000 VE	0,14%	91 500 habitants

La recharge de 12 000 ou 242 000 véhicules électriques en simultané en recharge normale (3,7 kVA) et en recharge accélérée (22 kVA) a les impacts précisés dans le tableau ci-dessous :

#52 Niveau de sollicitation en puissance du réseau selon le nombre de véhicules électriques et la puissance de charge

Déploiement	Puissance de recharge	Appel de puissance maximal (MW)	% Sollicitation en puissance du Parc de production français
12 000 VE	Normale	44	0,03%
12 000 VE	Accélérée	264	0,21%
242 000 VE	Normale	895	0,7%
242 000 VE	Accélérée	5234	4,2%

1 - Etude Greenovia, les VE déployés par les entreprises et les collectivités représenteraient près de 30% des VE déployés (particuliers inclus).

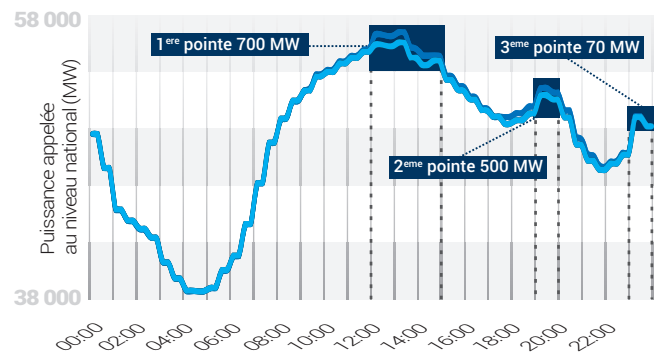
Ce sont les appels de puissance qui sont le plus contraignants au niveau du parc de production d'électricité.

Le pilotage de la recharge peut réduire et lisser ces appels de puissance et ceci d'autant plus si la recharge est envisagée à une puissance supérieure (recharge accélérée ou rapide).

En observant les appels de puissance non plus sur une année mais sur une journée (un jeudi du mois de mai par exemple), la charge non pilotée de 242 000 véhicules électriques avec des usages similaires à ceux de La Poste et ERDF fait apparaître une contribution aux pointes nationales de puissance appelée.

Sur les première et deuxième périodes de pointe, la recharge simultanée à 3 kW (ou 3,7 kVA) des véhicules électriques induit un appel de puissance supplémentaire de 700 MW et 500 MW, soit 1% du parc de production déjà sollicité et sur la troisième période de pointe, 70 MW soit 0,1% du parc de production déjà sollicité.

#53 Courbes de charge de la consommation nationale et de la recharge (à 3 kW) non pilotée de 242 000 VE, pour un jeudi de mois de mai



Dans une logique de gestion des réseaux et du parc de production au niveau national, les futures politiques de recharge des véhicules électriques pourraient tenir compte de la courbe de puissance appelée en temps réel au niveau national. **La recharge des véhicules électriques n'est pas le seul contributeur aux pointes de consommation provoquées sur le réseau mais pourrait dans ce cadre constituer un levier pour lisser les appels de puissance en période de pointe à échelle nationale.**

Chaque maille du réseau a ses propres caractéristiques et contraintes. Pour évaluer les impacts sur le réseau de distribution d'électricité d'un déploiement massif de véhicules électriques, une étude plus précise, non menée dans le cadre du projet, pourrait être conduite au niveau de chaque poste source.

Le véhicule électrique comme outil pour limiter l'impact réseau

Dans une logique analogue, pour une flotte automobile d'une certaine envergure, la recharge des véhicules électriques peut constituer une source d'effacement (réduction temporaire et non récurrente de la consommation, effectuée sur sollicitation ponctuelle d'un opérateur d'effacement).

L'expérimentation a permis d'estimer qu'**une politique de recharge qui modulerait l'intensité de recharge en heures creuses de 10 000 véhicules électriques permettrait un report de consommation équivalent à la consommation annuelle des ballons d'eau chaude électriques de 25 000 foyers français**, soit 50 GWh de consommation d'électricité reportée, comparé à une politique de recharge en heures creuses sans modulation.

Or, d'après le décret paru le 3 juillet 2014, fixant la méthodologie utilisée pour établir les règles permettant la valorisation des effacements de consommation d'électricité sur les marchés de l'énergie, ce type d'effacement (politique de charge récurrente) n'est pas valorisable sur le marché de l'électricité. Pour qu'un effacement soit valorisable sur le marché, le pilotage de la recharge des véhicules électriques doit être fait de façon temporaire et non récurrente. Pour cela l'opérateur d'effacement devra avoir connaissance des plannings d'activité des véhicules afin de ne pas perturber l'activité de l'entreprise ou de la collectivité. A ce jour, ceci ne peut être réalisé puisque l'opérateur d'effacement n'a pas connaissance de cette activité. Demain, on pourrait imaginer que l'entreprise ou la collectivité communique les plannings d'activité des véhicules électriques afin de valoriser ses effacements et contribuer aux effacements de consommation sur un territoire sans pénaliser son activité et le bilan économique et environnemental de sa flotte.

Le concept de «vehicle-to-grid» définit la technologie qui permettrait au véhicule électrique de réinjecter de l'électricité contenue dans sa batterie de traction au réseau électrique. Infini Drive n'a pas mené d'expérimentation sur ce point.

Les analyses menées, et en particulier le bilan économique, démontrent que le véhicule électrique doit rouler suffisamment pour atteindre un certain équilibre par rapport au véhicule thermique. **Ainsi, les périodes de présence du véhicule sur site sont plutôt utilisées pour recharger un véhicule dont le niveau de charge est bas plutôt que pour restituer la charge restante au réseau**, au risque de ne pas disposer de l'autonomie suffisante pour les prestations à venir (du lendemain). Le concept de vehicle-to-grid semble aujourd'hui difficile à adapter à une organisation qui vise à optimiser l'utilisation des véhicules.

Néanmoins les algorithmes développés peuvent intégrer ces objectifs dans leur fonctionnement à plus long terme et pour des véhicules électriques qui disposeraient d'une plus grande autonomie.



À l'avenir,
le véhicule
électrique
peut être
une source
d'effacement
pour le réseau
électrique.



Le pilotage de la recharge multi-sites à l'échelle d'un quartier

Le développement des énergies renouvelables et l'évolution des usages de l'électricité (augmentation des usages existants ou apparition de nouveaux usages) contraignent le pilotage des réseaux électriques. La gestion des réseaux électriques, jusqu'à présent centralisée et unidirectionnelle allant de la production à la consommation, devra demain être répartie et bi-directionnelle. Cette adaptation du système électrique passera par l'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication aux réseaux. Les réseaux électriques devraient devenir «intelligents».

Demain, dans le cadre d'un réseau intelligent (smart grid), parce que communicant, il pourrait être envisagé pour une flotte de piloter la recharge des véhicules électriques localisés sur plusieurs sites différents. Ce type de pilotage de recharge

pourrait permettre de réduire les appels de puissance générés par un ensemble de sites proches.

Un algorithme permet de coordonner la charge de plusieurs sites tout en garantissant la bonne charge de l'ensemble des véhicules. Son utilisation a montré une réduction de l'appel de puissance maximal de l'ordre de 30 à 45% sur un ensemble de 9 sites identiques à un des sites de l'expérimentation.

Ce pilotage n'aplatit pas le profil de charge au niveau local mais incite les sites à recharger de façon collaborative pour limiter l'appel de puissance total de l'ensemble des sites. Cette option de pilotage pourrait effacer de la puissance au niveau national. Les aplatissements obtenus n'ont pas été traduits économiquement par manque de données à ce jour. Ce pilotage pourrait être à la main des entreprises utilisatrices ou demandé par les gestionnaires de réseau de distribution.

4.4 L'évolution du marché

L'avènement du véhicule électrique fait apparaître une chaîne de valeur qui diffère de celle, établie et connue, construite autour du gestionnaire de flotte de véhicules thermiques.

Différents scénarios précisent les transformations à prévoir de cette chaîne de valeur.

Cette partie traite également de l'accompagnement des utilisateurs. Selon l'évolution du marché par exemple, leur préoccupation est susceptible de changer et certains leviers pour accompagner l'adoption des véhicules électriques peuvent être remis en question.

4.4.1 L'écosystème autour du véhicule électrique

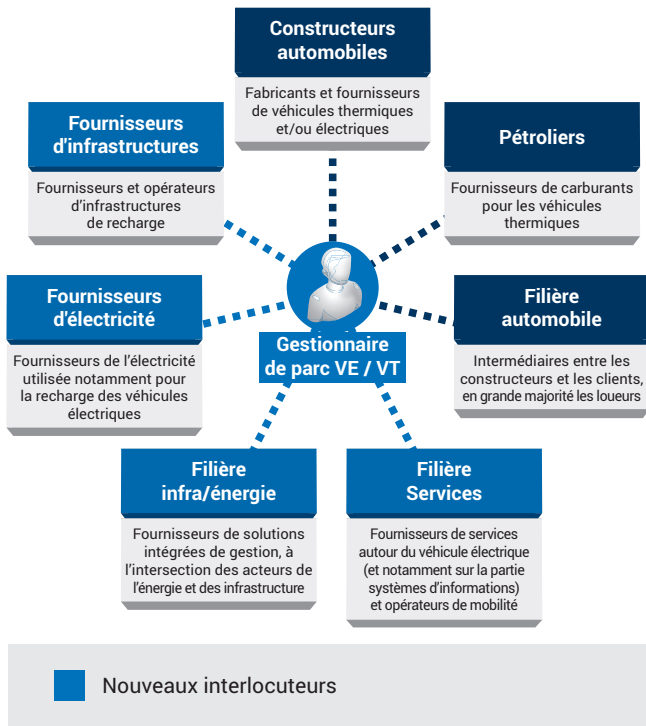
Les interlocuteurs ont déjà changé avec l'arrivée du véhicule électrique

Pour engager un déploiement de véhicules électriques, les interlocuteurs de l'entreprise ou de la collectivité sont d'ores et déjà différents de ceux qui sont traditionnellement sollicités pour des véhicules thermiques. La chaîne de valeur du véhicule thermique est stabilisée sur un écosystème maîtrisé avec des acteurs établis. L'arrivée des véhicules électriques remet en question ce schéma.

Déployer des véhicules électriques soulève de nouvelles réflexions et par conséquent de nouveaux interlocuteurs pour permettre l'exploitation d'une flotte de véhicules rechargeables. Dans un premier temps, le nombre d'acteurs augmente.

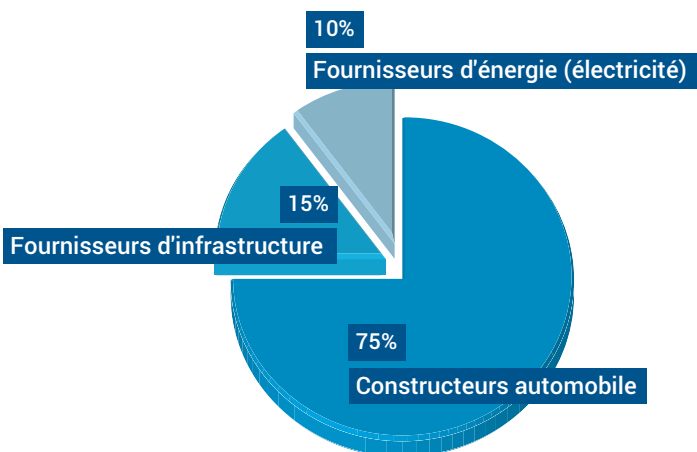
Les entreprises et collectivités se trouvent face aux acteurs suivants :

#54 Chaîne de valeur du gestionnaire de parc VE/VT



L'entreprise ou la collectivité qui souhaite déployer des véhicules électriques dans son parc entre en contact avec trois acteurs majeurs : le constructeur automobile, le fournisseur de bornes de recharge ainsi que le fournisseur d'énergie. Ces trois acteurs représentent plus de 80% de la valeur du coût total de possession du véhicule électrique et donc de l'investissement du gestionnaire de flotte. La répartition de la valeur entre ces 3 acteurs est aujourd'hui la suivante :

#55 Répartition de valeurs entre les 3 acteurs historiques aujourd'hui



D'autres interlocuteurs peuvent aussi intervenir en fonction des besoins clients : la filière automobile (loueur), la filière infrastructure/énergie (incluant notamment les installateurs et distributeurs d'énergie) ainsi que la filière services. Ces filières agissent en complément mais aussi quelquefois en remplacement des principaux acteurs.

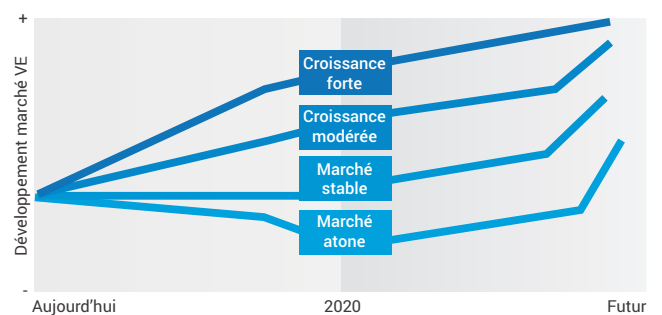
Avec l'arrivée de ces nouveaux acteurs ainsi que de nouveaux produits et services autour du véhicule électrique, la répartition de valeur est susceptible d'évoluer à moyen terme.

Les nouveaux acteurs, modèles d'affaires et technologies associées ont modifié le rôle du gestionnaire de parc : les constructeurs automobiles et la filière automobile ne sont plus les uniques portes d'entrée pour un gestionnaire de flotte qui utilise des véhicules électriques. De plus, au sein de son entreprise, le gestionnaire de flotte doit intégrer de nouveaux métiers (gestionnaire de bâtiment, énergie...) dans ses réflexions autour des nouvelles motorisations électriques.

Les interlocuteurs de demain dépendront de l'évolution du marché

De nombreuses variables ont été analysées pour préciser les modifications possibles des acteurs de la chaîne de valeur du véhicule électrique. En synthèse, le développement du marché du véhicule électrique est le critère qui permet de définir quatre scénarios pour distinguer les évolutions possibles à moyen terme (horizon 2020) des parties prenantes concernées :

#56 Scénarios d'évolution possible du marché du VE à moyen terme



L'impact de cette évolution des acteurs pour le gestionnaire de flotte avec un parc de véhicules exclusivement ou partiellement électrifié peut se manifester comme le présentent les quatre scénarios suivants :

Marché stable : La répartition de valeur entre les acteurs autour du véhicule électrique évolue légèrement avec le développement de la filière services au détriment des constructeurs automobiles.

- Le volume de véhicules électriques produits n'est pas suffisant pour diminuer les coûts (principalement liés à la batterie).
- Le coût du carburant ne change pas, le véhicule thermique garde un avantage économique pour les usages sur faible distance (TCO) et un avantage technologique sur grande distance (autonomie).
- Les aides et subventions sont maintenues.
- Le développement du réseau de recharge publique n'a pas d'incidence sur ce scénario.
- Les ventes globales de véhicules électriques restent limitées.
- Les données ne sont pas échangées de façon systématique entre les acteurs.

Croissance modérée : Les trois acteurs naturels perdent en valeur au profit des «nouveaux» acteurs tels que les filières automobiles, infrastructure/énergie et services qui proposent une réponse fonctionnelle au client et non plus une réponse technique.

- Les avancées technologiques sur les batteries et l'augmentation de la production permettent une diminution des prix des véhicules électriques.
- Le coût du carburant augmente et change les comportements d'achats des consommateurs qui se tournent vers les motorisations électriques.
- Les aides à l'achat sont maintenues.
- Le développement du réseau de recharge publique est conséquent et accompagne proportionnellement les ventes de véhicules électriques.
- Les données continuent à être échangées par le biais de partenariats.

Croissance forte : Les trois acteurs naturels gardent uniquement 50% de la valeur sur les produits et services autour du véhicule électrique.

La filière services et la filière infrastructure-énergie sont prépondérantes. Elles intègrent le véhicule électrique dans des problématiques plus larges (énergie bâtiment, smartgrid...) et mettent à disposition du gestionnaire de flotte les données nécessaires et une architecture adaptée.

- Les avancées technologiques sur les batteries et l'augmentation de la production permettent une diminution forte des prix

des véhicules électriques ainsi qu'une augmentation de l'autonomie.

- Le coût du carburant augmente et change les comportements d'achats des consommateurs qui se mettent massivement aux motorisations électriques.
- Les aides à l'achat sont réduites.
- Le développement du réseau de recharge publique permet de satisfaire les nombreux utilisateurs de véhicules électriques.
- Les données sont partagées et standardisées, les modes de communication sont également standardisés.

Marché atone : La répartition de valeur entre les acteurs autour du véhicule électrique évolue légèrement avec le développement de la filière automobile, intermédiaire entre les constructeurs automobiles et le gestionnaire de parc, qui peut proposer des offres adaptées autour du véhicule rechargeable.

- La technologie batterie ne bouge pas.
- Le coût du baril de pétrole stagne.
- Les aides à l'achat ne sont pas maintenues.
- Le réseau de recharge publique ne se développe pas.
- Les données ne sont pas échangées entre les acteurs.

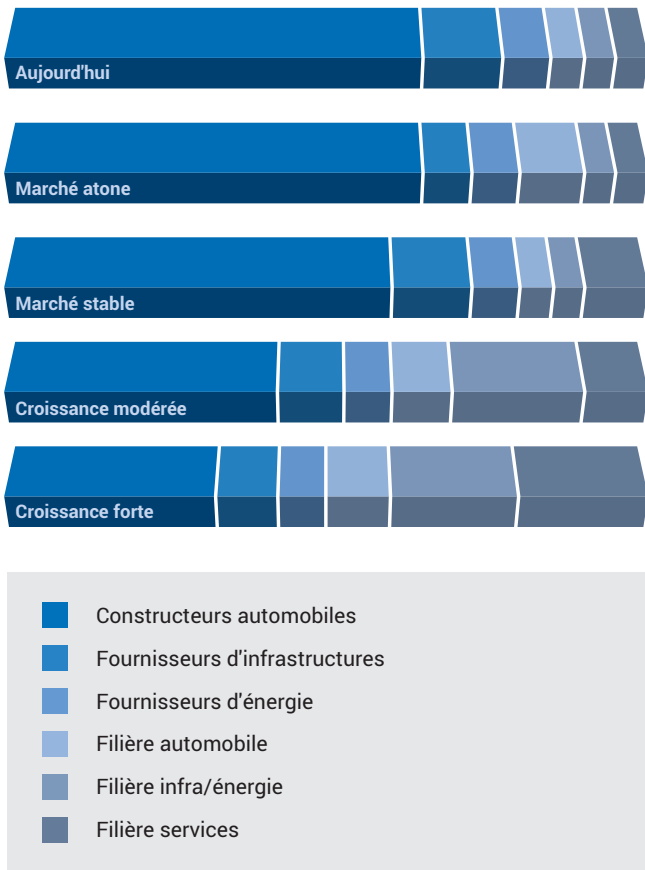


La répartition de valeur entre les acteurs évoluera en fonction de la croissance du marché des véhicules électriques.



L'impact de ces différents scénarios sur le partage de la valeur entre les différents acteurs de la chaîne de valeur du véhicule électrique évolue comme suit :

#57 Répartition de valeur par véhicule entre les acteurs suivant les 4 scénarios

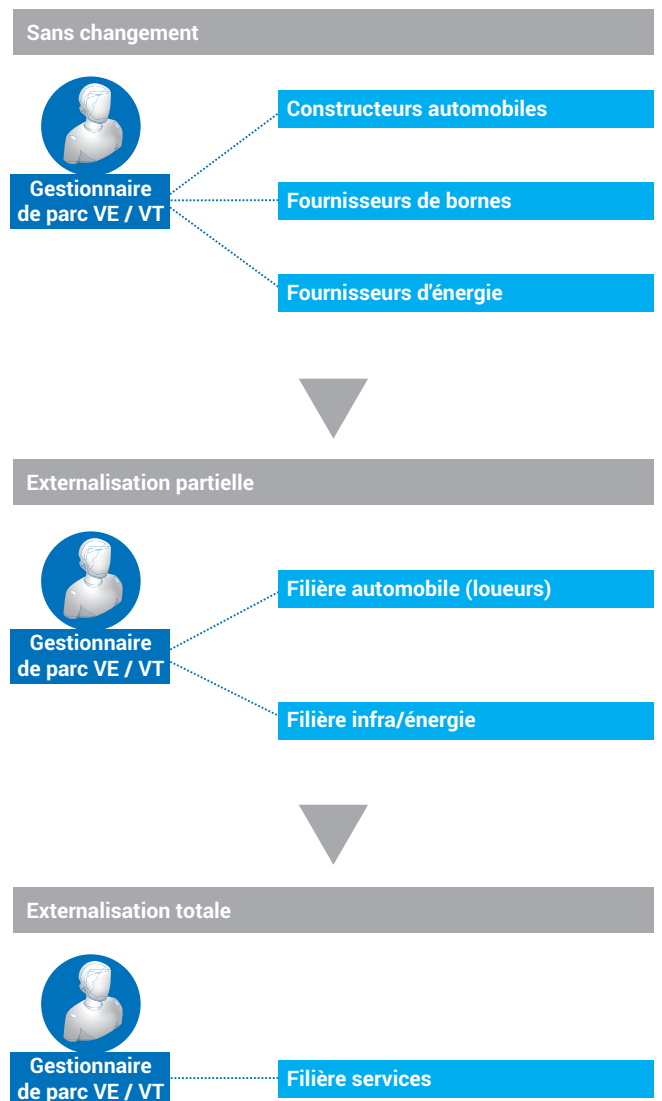


Pour les scénarios de croissance du marché (croissance modérée et croissance forte), les trois acteurs historiques perdent de la valeur au profit des «nouveaux» acteurs comme les filières automobiles, infrastructure/énergie et services qui proposent une réponse fonctionnelle au client et non plus une réponse technique. L'évolution est moindre pour les scénarios de marché stable ou atone pour lesquels les acteurs historiques conservent leur prépondérance.

Sur le moyen terme se profile un passage vers la filière automobile avec des services autour du véhicule et vers la filière infrastructure / énergie avec une attention particulière accordée au smart building. Sur le long terme, la filière service peut absorber la demande avec des offres de mobilité packagées.

Tandis que les entreprises recourent majoritairement à une gestion de leur parc en location longue durée (LLD), les collectivités pratiquent quant à elles une gestion par l'achat. La taille des structures a une importance pour la transformation de la demande du gestionnaire de flotte : les grosses structures (groupe, grandes entreprises) disposent de moyens pour gérer différents interlocuteurs et conserver une certaine indépendance aux solutions propriétaires. En ce qui concerne les petites structures, les moyens limités les incitent à rechercher une offre lisible avec un seul interlocuteur. Ce modèle confirme la tendance à l'externalisation totale.

#58 évolution de la demande du gestionnaire de flotte avec externalisation forte



Quelle que soit la taille du parc, **l'externalisation induit une réduction du nombre de fournisseurs pour une flotte automobile**. Cela concerne l'ensemble des véhicules d'entreprises et plus particulièrement le véhicule électrique qui accentuera cette tendance avec la mise à disposition d'un modèle dit «clef en main» qui répond à la demande.

Cela suit la tendance de transformation du produit en service : l'entreprise ou la collectivité n'achète plus une voiture, une borne, de l'électricité mais un service de mobilité ou un service de recharge à échelle du territoire, pour plusieurs sites ou encore des kilomètres d'autonomie. Dans ce système, les nouveaux acteurs, plutôt agrégateurs, sont primordiaux : la relation unique et directe avec le fournisseur permet une meilleure communication et compréhension des besoins, sans passer par des intermédiaires. Cela facilite également la maîtrise des coûts.

Les scénarios élaborés pour 2020 peuvent finalement se traduire en évolution de marché du véhicule électrique à horizon temporel variable. Sur le long terme, un déploiement conséquent de véhicules électriques accélèrera le passage d'une logique multifournisseur (avec les acteurs "historiques" : constructeurs automobiles, fournisseurs de bornes et fournisseurs d'énergie) vers une logique d'intégration par la filière services.



L'entreprise
ou la collectivité
se posera
la question
d'acheter
un service
de mobilité
en lieu et place
d'une solution
propriétaire.



4.4.2 Demain, accompagner les utilisateurs

Les préconisations d'accompagnement des utilisateurs de véhicules électriques sont susceptibles d'évoluer selon certains inducteurs ou événements, exogènes ou endogènes à l'entreprise ou la collectivité.

Le cas d'un usage généralisé du véhicule électrique et des infrastructures

La généralisation de l'usage de véhicules électriques dans la sphère publique et privée influera sur les représentations, les vécus, les attentes et les motivations des futurs utilisateurs et donc sur les ressorts de la communication d'accompagnement.

Le positionnement stratégique sera moins original pour l'utilisateur et sa structure, alors que ce facteur stratégique joue aujourd'hui un rôle fort dans l'adhésion au projet. Il pourrait être relayé, le cas échéant, par «le rôle pionnier» que la structure a pu jouer au départ dans le lancement des premières flottes de véhicules électriques d'entreprise. Ou encore, il pourrait être associé au «positionnement développement durable» de la structure.

La probable banalisation des objets «véhicules électriques» et «bornes de recharge intelligentes» entraînera un affaiblissement du levier «haute technologie/innovation», levier actuellement très porteur dans la communication d'accompagnement. Les autres innovations afférentes pourront être considérées et associées au projet car l'argument technologie / innovation était central et stable.

L'expérience acquise de l'usage du véhicule électrique et de sa recharge facilitera sa prise en main et son acceptation. En effet, les idées préconçues seront atténuées par l'usage commun. Il restera essentiel de relever les représentations des utilisateurs au sujet du projet de déploiement et de l'usage du véhicule électrique et de sa recharge.

La politique publique et privée en faveur de la mobilité durable sera sans doute plus développée et mise en visibilité. Cela agira activement contre le sentiment fréquent d'impuissance et de méfiance de l'utilisateur face à un contexte collectif qu'il ressent comme peu engagé. La communication valorisera toutes les nouvelles perspectives associées à la sphère publique et privée du salarié utilisateur ; car elles sont autant de signaux forts pour asseoir véritablement son engagement. Ce

contexte favorable sera utilisé et utilement relayé par des campagnes publiques.

Le cas d'une évolution forte de la situation environnementale et/ou énergétique

L'argument environnemental et énergétique peut constituer soit un levier, soit un frein à l'adoption du véhicule électrique. Un nouveau contexte dans ce domaine peut nécessiter d'adapter la communication d'accompagnement.

Même si l'opinion publique est de plus en plus sensible aux questions environnementales, la sensibilité éco-citoyenne de l'utilisateur est extrêmement contextuelle, notamment dans le domaine de l'électromobilité. L'argument environnemental de l'usage des véhicules électriques et de leurs infrastructures de recharge intelligente sera plus ou moins actif selon que :

- Les préoccupations environnementales liées à la mobilité ou encore liées à l'origine et/ou la consommation d'énergie s'accroissent ou diminuent ;
- La situation économique s'améliore ou se dégrade¹ ;
- Les politiques en faveur de l'environnement, de la mobilité durable et/ou de la gestion raisonnée de l'énergie apparaissent fortes ou faibles ;
- La médiatisation et la politisation de ces questions s'expriment ou non.

Notons aussi que la comparaison entre le véhicule thermique et le véhicule électrique, fournit actuellement la plupart des arguments environnementaux (cf. par exemple, la force de l'argument «réduction de la pollution de l'air en ville»), mais que, dans un contexte futur de déploiement généralisé et banalisé, il est probable que ces arguments se déplaceront vers d'autres thématiques à étudier finement.

L'argument éco-citoyen restera sans doute un argument fort, mais à manier avec précaution en tenant compte du niveau de sensibilité environnementale et de l'actualité de l'époque concernée.

¹ - En temps de crise, la préoccupation environnementale a classiquement tendance à diminuer. Par ailleurs, le prix du gazole ou de l'électricité peut influencer sur la motivation du salarié à considérer ou non le véhicule électrique comme une solution positive.

Par ailleurs, le développement durable est de plus en plus suspecté par l'opinion publique du fait de pratiques nombreuses de «greenwashing». En conséquence, l'argument prégnant «positionnement développement durable» sera-t-il à l'avenir synonyme de sincérité ou de tromperie ?

Cette question est importante car l'expérimentation a montré que, même en cas de sensibilité environnementale forte, le salarié est très attentif à la cohérence entre l'argument éco-citoyen attaché à l'intégration des VE/IRVE et le positionnement «développement durable/mobilité durable» de sa structure et de son collectif (politiques, Etat, collectivités, etc.). En cas d'incohérence, il est vite désabusé et désengagé, notamment dans un contexte de changement qui lui demande des efforts importants. Si l'image du développement durable continue à se dégrader, cette tendance peut donc elle-aussi se renforcer.

En cas de dégradation de la notion de développement durable, il sera donc utile de :

- se reporter sur des notions qui sont en train d'émerger (comme par exemple, la transition socio-écologique ou l'engagement responsable, etc.) ;
- veiller à la cohérence entre les messages pro-environnementaux et le positionnement de communication de la structure ;
- valoriser l'effort collectif consenti.

La potentialité de l'argument «gestion de l'énergie par les infrastructures de recharge intelligentes, reliée à l'idée d'économie et de sélection de l'origine de l'énergie».

Actuellement, le débat sur l'origine de l'énergie électrique est vif. Cela place l'argument éco-citoyen dans une situation paradoxale. Il a été conseillé de mettre en avant la réflexion sur le mix énergétique pour placer le véhicule électrique dans une dynamique en marche ; mais il est clair que l'argument environnemental sera plus complexe à manier si le choix futur de la politique énergétique de la France laisse peu de place aux énergies renouvelables. Dans tous les cas, la communication aura à relever l'état de la sensibilité des cibles à la question de l'origine de l'énergie et des choix énergétiques du pays.

“

Rechercher
et lever les
représentations
des utilisateurs
restera essentiel
lors du
déploiement
et de l'utilisation
du véhicule
électrique
et de sa
recharge.

”

“

L'argument
éco-citoyen
est un
argument
fort,
à manier
cependant
avec
précaution.

”

Les perspectives pour l'entreprise et la collectivité

A moyen terme, les évolutions de prix du véhicule et de l'énergie, le développement de produits et services et l'évolution de l'impact environnemental lié à certaines orientations politiques en ce qui concerne le mix énergie, continueront à être favorables au déploiement de véhicules électriques en milieu professionnel.

Ces évolutions sont à considérer avec certaines réserves : les entreprises et collectivités gagneront à disposer d'une fiscalité stable sur les véhicules électriques et à être rassurées sur la modification du modèle de tarification de l'énergie.

Il sera également intéressant de disposer d'accès facilités à certaines données liées au véhicule électrique et à l'infrastructure de recharge afin de développer des services adaptés et pertinents.

D'autre part, les interlocuteurs qui accompagneront les entreprises et collectivités dans leur mise en oeuvre de déploiement de véhicules électriques sont susceptibles de changer. Le modèle passerait d'une logique multi-fournisseur (constructeurs automobiles, les fournisseurs de bornes et les fournisseurs d'énergie), à une logique plus intégrée. Dès la décision d'intégrer des véhicules électriques, les entreprises et les collectivités peuvent évaluer les effets de ces évolutions sur leur trajectoire. L'anticipation est un des facteurs clefs de la réussite.

La communication d'accompagnement doit également anticiper la généralisation et la banalisation du véhicule électrique ainsi que l'évolution des arguments environnementaux, notamment selon l'évolution du contexte.

Conclusion

“

Aujourd'hui,
les enjeux liés
à la transition
énergétique ont
besoin d'être
portés par les
entreprises et
les collectivités.

”

Le terrain de l'expérimentation est toujours celui des pionniers. Surtout quand il relève de la complexité propre au quotidien de nos échanges et de nos déplacements. Qui mieux que La Poste et ERDF pouvaient mener à bien une expérience terrain du véhicule électrique et des infrastructures de recharge nécessaires à son déploiement dans un esprit de conquête, humaniste et civique ? Les flottes des deux entreprises assurent quotidiennement un maillage du territoire qui n'a pas d'équivalent en Europe. Les missions affectées aux deux opérateurs mettant la barre très haut en termes d'exigence et d'efficacité. Une nécessité à l'échelle des ambitions que représente le véhicule électrique pour notre écosystème, nécessairement remis aujourd'hui en question, à tous points de vue.

Pour transformer cette expérimentation en passerelle et construire le projet Infini Drive, il fallait la mobilisation d'un consortium désireux de s'inscrire dans une dynamique de collaboration et d'innovation sans précédent. Nous l'avons réuni avec les meilleurs partenaires impliqués dans la filière (La Poste, ERDF, Greenovia, Docapost BPO, G2Mobility, Armines – CMA, I3M, Université de Lorraine – LORIA), fort de l'idée qu'une collaboration transverse et pluridisciplinaire est indispensable pour bâtir un nouvel écosystème de nos transports.

Les résultats et recommandations du projet Infini Drive sont uniques et ancrés dans la réalité. Pas une réalité virtuelle, mais la réalité d'une économie de terrain. La vôtre. Partout où vous exercez votre activité et déployez vos services. La réalité des régions et des grandes agglomérations, avec leurs contraintes climatiques et logistiques différentes et toutes recensées.

La Poste et ERDF ont toujours sut relever les grands défis technologiques. Aujourd'hui les enjeux liés à la transition énergétique ont besoin d'être portés par les entreprises et les collectivités. Pour que l'engagement soit effectif, il faut donner l'exemple : éprouver les solutions et formuler les recommandations. La dynamique doit partir des plus représentatifs. Notre responsabilité était de mener à bien cette phase d'expérimentation avec nos ressources, nos partenaires et le soutien de l'ADEME. Mais surtout, de mettre à disposition de tous les décideurs économiques, les conclusions de la mutation électrique de nos flottes.

Tout est en place. La filière électrique du véhicule électrique a bien un futur simple. Soyons parmi les premiers à le conjuguer haut et fort et à bénéficier de tous ses avantages.

Vanessa Chocteau pour Greenovia.

Annexes

Sommaire

1	Lexique	119
2	Abréviations.....	123
3	Expérimentation : les modèles de tournée La Poste et ERDF.....	124
4	Expérimentation : liste des sites	125
5	Expérimentation : les véhicules.....	126
6	Expérimentation : éléments d'ergonomie pour le stationnement et la signalétique	127
7	Fonctionnement de la plateforme d'intermédiation	128
8	Fonctionnement des algorithmes	130
9	Éléments de méthode pour l'analyse du contexte	132
10	Élément de méthode pour le calcul du TCO	136
11	Éléments de méthode et contexte relatifs au bilan environnemental	137
12	Fonctionnement des équipements complémentaires pour l'architecture	141
13	Cahier des charges fonctionnel pour la fourniture d'électricité	142
14	Cahier des charges des infrastructures de recharge Infrastructure «basse»	144
15	Cahier des charges de la gestion intelligente de la recharge Infrastructure «haute»	149
16	Cahier des charges véhicules	154
17	Cahier des charges «accompagnement au changement»	158
18	Fonctionnement de l'accès à la donnée "SoC"	159
19	Fonctionnement de la charge du véhicule	160

1 Lexique

Acceptabilité

On parle d'«acceptabilité» («a priori») lorsque les futurs utilisateurs n'ont pas ou peu (une ou deux fois) utilisé la technologie.

Acceptation

L'acceptation intervient dès lors que l'individu a eu l'occasion de manipuler plusieurs fois la technologie. Dans cette mesure plus comportementale, tant l'acceptabilité sociale que pratique peuvent être évaluées.

Appropriation

On parle d'appropriation lorsque les individus ont intégré dans leur fonctionnement ordinaire l'usage de la technologie.

Argumentaire réactif

Outil stratégique de communication interne qui sert de support aux acteurs exposés à des sujets délicats ou complexes à aborder. Préparé très en amont, il fournit des réponses anticipées à un ensemble de questions qu'un utilisateur peut potentiellement se poser (questions élaborées en partie grâce à l'étude des leviers-freins à l'électromobilité).

Auxiliaire (sous-entendu équipement auxiliaire)

Ensemble des équipements du véhicule électrique qui utilisent l'énergie électrique de la batterie de traction pour fonctionner (ex. chauffage électrique, climatisation, radio, moteur des essuie-glace, phares...)

Boîtier embarqué «Infini Tool»

Le boîtier Infini Tool est un équipement installé dans un véhicule qui récupère des données liées au véhicule que le constructeur a accepté de mettre à disposition (traduction de la donnée de format hexadécimal lue sur le BUS CAN) et dont la valeur n'est pas toujours précise (ex. SoC arrondi au % près). Ce boîtier se connecte à la prise «diagnostic» du véhicule, les données remontées sont les suivantes : état moteur, vitesse, distance cumulée, puissance instantanée consommée, SoC, température extérieure, action pédale de frein, coupure contact On / Off. Le boîtier est installé sur un seul véhicule par site.

Boîtier embarqué

Les boîtiers équipent les véhicules et permettent d'identifier de

manière unique chaque véhicule de la flotte, de reporter au système central les kilomètres parcourus à chaque retour de tournée, entre deux sessions de charge, d'associer l'énergie électrique utilisée par véhicule et son kilométrage et enfin d'envoyer des données de conduite (x,y,z, accélération) d'un parcours. Ce boîtier génère un fichier de synthèse et un fichier complet par parcours. Le fichier synthèse est transmis quotidiennement aux systèmes d'informations, le fichier complet est reporté pour 1 véhicule par jour par site.

Cas d'usage

Dans le cadre du projet, les cas d'usage définissent les caractéristiques de l'infrastructure de recharge et les interactions avec les différents éléments de l'écosystème : organisations de l'entreprise ou de la collectivité, infrastructures et véhicule. Les cas d'usage identifiés permettent de définir les principales architectures techniques à envisager pour mettre en place un dispositif de recharge adapté aux besoins fonctionnels de l'utilisateur et du manager.

Coefficient de foisonnement

Ce coefficient traduit le fait que les véhicules électriques ne sont pas les seuls usages à participer aux appels de puissance d'un site. Ainsi, les coûts liés aux abonnements d'électricité ou aux travaux de renforcement du réseau électrique interne ne sont pas affectés à 100% aux VE dans le calcul du TCO. Le coefficient de foisonnement a été calculé en faisant le rapport de la puissance maximale appelée par les VE et la puissance maximale du site.

Communication en champ proche

Technologie de communication sans-fil à courte portée et haute fréquence, permettant l'échange d'informations entre des périphériques jusqu'à une distance d'environ 10 cm.

Communication persuasive

Une communication basée sur une stratégie argumentative qui vise à transmettre des informations à un individu pour créer, renforcer ou modifier ses représentations et attitudes, lesquelles peuvent prédire en partie ses futurs comportements. L'attractivité de la source, le type de message, la motivation et l'implication du récepteur, la proximité ou la distance

de la cible à la source, etc. sont autant de paramètres à prendre en compte et sur lesquels agir pour obtenir un changement attitudinal et/ou renforcer des attitudes positives à l'égard d'un objet. (Girandola, 2003 ; Chabrol et al., 2004)

Communication engageante

Associant messages persuasifs et techniques d'engagement, elle permet de favoriser l'adoption par un individu d'un comportement souhaité. Elle repose sur l'obtention d'un premier comportement appelé «acte préparatoire engageant» (répondre à un questionnaire, porter un badge, signer une charte, etc.) qui va dans le même sens que le comportement final attendu. Cet acte préparatoire pourra être réalisé dans un contexte particulier, de liberté, et remplir certaines conditions (acte explicite, irrévocable/impossibilité de faire «marche arrière», public, valorisant socialement, etc.). (Joule et Beauvois, 1987, 1998 ; Bernard et Joule, 2004 ; Rubens, 2011). Notons que dans un contexte hiérarchisé, le principe de liberté peut être difficile à respecter.

Communication éco-citoyenne

Une communication qui relaie l'engagement d'une entreprise en faveur du développement durable et s'attache à appliquer concrètement ses principes dans ses supports et événements. Elle tient compte des impacts environnementaux, sociaux, sociétaux et économiques des projets menés, et respecte plusieurs principes (éthique, transparence, vision à long terme, dialogue avec les parties prenantes, écoconception, participation, etc.). (Laville 2004 ; Tremblay, 2007 ; Boillot, 2008 ; Cohen-Bacrie, 2009 ; Audouin, 2010)

Communication scientifique et technique

Une communication qui cherche à développer une culture scientifique. Elle s'appuie sur la transmission de connaissances mais aussi sur l'explicitation de la notion de démarche scientifique. Elle vise à générer curiosité, questionnement, critique positive et remise en question constructive et mise en perspective historique des problématiques scientifiques et techniques. Elle sera utilement associée à un esprit de réflexivité, de collaboration, et d'optimisation. (Defays, 2003 ; Levy-Leblond, 1981, 2004)

Communication de crise

Le recours à une communication de crise en cas de panne ou d'incident est bien sûr nécessaire. En effet, tout dysfonctionnement peut remettre en cause la confiance des utilisateurs des VE/IRVE vis-à-vis du projet mais aussi des acteurs qui le portent, et plus largement la direction et leur entreprise. La communication de crise regroupe l'ensemble des techniques

et actions de communication entreprises pour lutter contre les effets négatifs d'un événement inattendu sur l'image de l'entreprise concernée. Elle requiert la mise en place d'un dispositif de prévention, en amont, et une forte réactivité lors de la survenue d'un événement/incident. (Libaert, 2005, 2007 ; Heiderich, 2010)

Corpus

Un corpus est un ensemble d'énoncés délimités, organisés ; c'est, dans le cas de l'accompagnement de la communication du projet, l'ensemble des matériaux de communication analysés. Leur longueur est variable, mais ils doivent présenter un maximum d'homogénéité pour les soumettre à une analyse qui soit cohérente.

Chauffage thermique additionnel

Chauffage additionnel à essence qui permet de réchauffer l'habitable en utilisant l'essence contenue dans un réservoir additionnel.

Délesteur

Automate installé dans une armoire électrique du bâtiment, qui permet de couper un circuit électrique ou un appareil déterminé à l'avance, en cas de surconsommation et pour éviter la disjonction du site.

Disjoncteur différentiel

Dispositif de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique et d'assurer la détection d'une différence d'intensité du courant, si un défaut d'isolation existe.

Dispositif de recharge (des véhicules électriques)

Dans le cadre du projet, ensemble des équipements, outils logiciels et systèmes de communication qui permettent la recharge des véhicules et la remontée des informations.

Economètre

Équipement qui affiche au chauffeur du véhicule électrique sa consommation d'énergie.

Effacement

Réduction temporaire du niveau de consommation d'un site vu du réseau, en réponse à une sollicitation externe (suivant la CRE). Par le décret du 3 juillet 2014, il peut être valorisable s'il n'est pas récurrent et sollicité de façon ponctuelle par un opérateur d'effacement.

Eco-système du véhicule électrique

Ensemble des acteurs de la chaîne de valeur du véhicule élec-

trique : fournisseur d'infrastructures, fournisseur d'électricité, filière infrastructure/énergie, filière service, filière automobile, constructeurs automobile.

Fil pilote

Système de commande basé sur le signal électrique permettant le pilotage à distance et centralisé de systèmes électriques (chauffage électrique ou borne de recharge dans notre cas).

Haut-le-pied

Parcours réalisé pour joindre le lieu de réalisation des prestations postales et le lieu de remisage du véhicule.

Infrastructure basse

Pour le système de recharge, l'infrastructure dite «basse» correspond aux éléments à considérer pour l'alimentation de puissance : il s'agit de la préparation du site et des équipements techniques à considérer pour garantir la charge, qu'elle soit ou non pilotable.

Infrastructure haute

Pour le système de recharge, l'infrastructure dite «haute» correspond aux éléments à considérer pour permettre l'intelligence de pilotage de la recharge.

Mix (mix électrique)

L'énergie électrique provient de plusieurs sources de production suivant les moments de la journée (centrales nucléaires, centrales thermiques, hydraulique, renouvelable...) le «mix» est la combinaison, à différentes échelles possibles, de ces différentes sources.

Parties prenantes (ou stakeholders)

Il s'agit des acteurs (individus ou groupes) concernés par les activités ou décisions d'une entreprise (répercussions positives ou négatives). Citons par exemple les salariés, les actionnaires, les clients, les fournisseurs et sous-traitants, les pouvoirs publics, les riverains, les médias, les associations...

Phase d'usage du puits à la roue

Pour l'analyse environnementale, la phase d'usage du puits à la roue d'un véhicule comprend, comme son nom l'indique, l'utilisation même du véhicule (réalisation des prestations, réalisation des parcours) et prend en compte les phases de production de l'énergie, de sa production (filières pétrolières ou électriques) jusqu'à son utilisation.

À l'instar de la filière thermique, la modélisation de la production de l'électricité intègre l'extraction de minerais énergétiques, leur transport, la génération et la distribution de

l'électricité pour chaque source électrique disponible (pétrole, charbon, gaz, nucléaire, renouvelable...).

La phase de production de la filière pétrolière intègre la production du pétrole brut, son transport, son raffinage et la mise à disposition du carburant dans les stations-service. Les matières entrantes (pétrole brut principalement) et les émissions liées à l'ensemble de ces procédés intermédiaires sont prises en considération.

De même, en phase d'usage, des pièces du véhicule sont à renouveler : ainsi la production et le recyclage ou la mise en décharge des pièces de rechange sont pris en compte.

Pilotage de la recharge

On dit qu'il y a pilotage de la recharge quand un ou plusieurs points de charge de véhicules électriques sont en mesure d'appliquer les consignes de charge souhaitées. Ces consignes sont variables en intensité et en durée. Les consignes peuvent être indépendantes d'un point de charge à un autre.

Point d'équilibre («break point»)

Kilométrage annuel à partir duquel le véhicule électrique devient économiquement viable vis à vis du véhicule thermique. Le calcul est réalisé en coût complet : au point d'équilibre, celui du véhicule électrique (TCO VE) est égal à celui d'un véhicule thermique (TCO VT). Le véhicule électrique qui parcourt des distances au-delà du point d'équilibre deviendra plus rentable que le véhicule thermique. De ce point de référence dépend la viabilité économique du véhicule électrique par rapport au véhicule thermique.

Pompe à chaleur

Dispositif permettant de transférer une quantité de chaleur d'un milieu vers un autre, utilisé dans un véhicule comme un système de climatisation réversible.

Poste source (aussi appelé poste de transformation)

Poste électrique du réseau de distribution d'électricité. C'est l'un des derniers éléments entre le client et le réseau électrique.

Pratiques ascendantes

Il s'agit de mettre les utilisateurs au centre du dispositif de communication en proposant de travailler en mode collaboratif. L'idée étant de faire émerger leurs perceptions, propositions et initiatives et de les rendre partenaires de la vie du projet. Plus informelles et créatives, ces pratiques ascendantes sont également appelées «bottom up». Elles se différencient des pratiques descendantes, plus hiérarchiques. Ces pratiques sont prioritaires et fondamentales dans la communication d'accompagnement..

Radio-identification

Méthode, désignée souvent par le signe RFID, permettant de mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés «radio-étiquettes».

Recharge méridienne

La recharge méridienne correspond à la période de recharge aux alentours de midi (12h-14h), par exemple quand l'agent va déjeuner avant de reprendre son service l'après-midi. La plage horaire (horaires et amplitude) varie selon les organisations.

Retrofit

Opération qui consiste à apporter une modification ou correction technique sur un appareil déjà mis en exploitation.

Signal respirant

Un signal respirant affiche une couleur avec une variation graduelle de l'intensité lumineuse : plus ou moins lumineux à un rythme assez lent. Cette respiration est intéressante pour indiquer qu'il se passe quelque chose et que c'est normal sans pour autant être anxiogène ou attirer l'attention comme peut le faire un signal clignotant.

Smogs

Brume brunâtre épaisse, provenant d'un mélange de polluants atmosphériques, qui limite la visibilité dans l'atmosphère. Il est constitué surtout de particules fines et d'ozone.

Système de supervision

Système informatique de suivi et de pilotage d'une installation (bornes de recharge/véhicules/bâtiment dans le cas d' Infini-Drive).

Vecteur énergétique (ou vecteur d'énergie)

Véhicule ou méthode permettant de transporter de l'énergie d'un endroit à un autre.

2 Abréviations

ACV : analyse du cycle de vie

AE : armoire électrique

AEVE : armoire électrique pour les véhicules électriques

BMS (battery management system) : système de contrôle des batteries d'accumulateur

Bus CAN (controller area network) : système de communication utilisé notamment dans l'automobile qui permet de récupérer certaines informations liées à l'automobile

CEI : commission électrotechnique internationale

CO₂ : dioxyde de carbone

COVNM : composé organique volatil non méthanique

DNTE : débat national sur la transition énergétique

DOE : dossier des ouvrages exécutés

ENR : énergie(s) renouvelable(s)

GES : gaz à effets de serre

GTB : gestion technique de bâtiment

HC : heure creuse

HP : heure pleine

IHM : interface homme-machine

IRVE : infrastructure(s) de recharge de(s) véhicule(s) électrique(s)

LLD : location longue durée

NFC (near field communication) : communication en champ proche. Technologie de communication sans-fil à courte portée et haute fréquence, permettant l'échange d'informations entre des périphériques jusqu'à une distance d'environ 10 cm

NH₃ : ammoniac

NO_x : oxyde d'azote

OCPP (open charge point protocol) : norme ouverte de communication pour la recharge

PDL : point de livraison

PM (particule matter) : matière particulaire aussi appelées particule. Il existe différentes catégories :

- **PM_{2,5}** : particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres
- **PM_{2,5-10}** : particules dont le diamètre est compris entre 2,5 et 10 micromètres
- **PM₁₀** : particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres

PPSPS : plan particulier de sécurité et de prévention de la santé

PGCSPS : plan général de coordination de sécurité et protection de la santé

PTAC : poids total autorisé en charge

RFID (radio frequency identification) : radio-identification. Méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés «radio-étiquettes» («RFID tag» ou «RFID transponder» en anglais)

RTE : réseau de transport d'électricité

SI : système(s) d'information(s)

SO₂ : dioxyde de soufre

SoC (state of charge) : état de charge de la batterie

SoH (state of health) : état de santé de la batterie

TCO (total cost of ownership) : coût total de possession

TdB : tableau de bord

TGBT : tableau général basse tension

TIC : travaux interventions clientèle (métier ERDF)

TICPE : taxe intérieure de consommation des produits énergétiques

TVC : télé-valeur de consigne

VAE : vélo à assistance électrique

VE : véhicule(s) électrique(s)

VT : véhicule(s) thermique(s)

VRD : voiries et réseaux divers (travaux publics)

3

Expérimentation : les modèles de tournée La Poste et ERDF

Le modèle de tournée La Poste

Les véhicules La Poste réalisent une partie de leur activité le matin à partir de 7h, sont souvent remisés le midi pendant une période de 2 à 4 heures, et repartent pour certains pour réaliser une autre partie de l'activité l'après-midi. Ils sont systématiquement remisés le soir sur le site au plus tard à 18h, offrant une large plage horaire de recharge.

Sur l'année, les activités peuvent connaître des périodes d'activité exceptionnelle (distribution de catalogues papier), intense (augmentation de l'activité à l'approche de Noël) ou de creux (période estivale). Par ailleurs, les tournées peuvent différer selon l'offre produit et le type de milieu.

A l'occasion d'une tournée de distribution, le facteur peut être amené à s'arrêter et redémarrer environ 200 fois. L'usage est dit «sévère», souvent les autonomies déclarées sont divisées par deux.

«Arrêts fréquents»

L'activité de distribution de courrier aux particuliers est intense : le véhicule peut s'arrêter plus d'une centaine de fois par tournée. Lors d'une tournée sur véhicule thermique, le chauffeur peut changer de rapport plus de mille fois. D'un point de vue ergonomie, cet usage profite au véhicule électrique qui par l'absence de changement de vitesses avec la boîte automatique est très apprécié par les facteurs.

Les arrêts et redémarrages fréquents ainsi que leur puissance ont un impact sur la consommation. La compréhension de l'usage est essentielle pour adapter, dans ce cas précis, le modèle de consommation d'énergie du véhicule électrique. L'éco-conduite favorisera l'autonomie.

Le modèle de tournée ERDF

L'activité TIC (travaux interventions clientèle) consiste à assurer les prestations d'intervention sur site demandées par les fournisseurs d'énergie pour le compte de leur client. Les interventions vont de la relève d'index de compteurs, jusque par exemple au changement de panneau de comptage. Certaines interventions peuvent être à l'initiative d'ERDF (contrôle conformité, coupure pour impayés...). Les véhicules ERDF sont utilisés toute la journée à partir de 8h et ne sont pas toujours remisés le midi sur les sites. Ils sont généralement remisés sur le site le soir au plus tard à 19h. Dans une journée, un agent va réaliser de 15 à 25 prestations.

4 Expérimentation : liste des sites

Les sites sélectionnés pour La Poste présentent des particularités :

- La plateforme de distribution courrier de Nice Thiers est un établissement des Alpes-Maritimes où sont effectuées toutes les activités de traitement du courrier (distribution et concentration). L'établissement a souhaité accueillir le plus de VE possible. Les parcours journaliers sont adaptés pour 17 VE. Le tracé du secteur est légèrement vallonné, avec quelques endroits pentus à la périphérie de la ville. Ce site, proche du laboratoire I3M, s'est porté volontaire pour tester les conditions d'une communication d'accompagnement.
 - La plateforme de distribution courrier de Nantes Eraudière est un établissement de Loire Atlantique où sont effectuées toutes les activités de traitement du courrier (distribution et concentration). 4 communes sont desservies : Nantes, St Luce sur Loire, La Chapelle sur Erdre, Carquefou. Le tracé du secteur est relativement plat, les dénivellations restent faibles. Il s'agit d'une plateforme qui présente l'intérêt de comporter des zones urbaines denses.
 - La plateforme de distribution courrier de Grenoble Eybens est un établissement de l'Isère où sont effectuées toutes les activités de traitement du courrier (distribution et concentration). 4 communes sont desservies Grenoble, Eybens, Echirrolles, Saint Martin-d'Hères. Le tracé du secteur est plutôt vallonné, avec des portions montagneuses.
- Parmi les 4 villes de l'expérimentation, 9 sites ont été sélectionnés par ERDF pour les expérimentations :
- Nice
 - Gorbella est l'agence qui regroupe la partie technique clientèle de la partie Est des Alpes Maritimes. L'utilisation des véhicules électriques est quotidienne dans le cadre des tournées journalières des agents de l'Unité Client Fournisseur.
 - Risso est l'agence qui regroupe les secteurs d'activités de l'ingénierie et du domaine exploitation, sur la partie Est des Alpes Maritimes. L'utilisation des véhicules électriques est quotidienne dans le cadre des visites de chantier pour l'ingénierie, et de travaux pour l'exploitation.
 - Grenoble Seyssinet regroupe les activités d'intervention chez les clients ainsi que celles d'exploitation. Les VE sont répartis pour moitié sur chacune des activités. Sur les activités clientèles, des minis pools 1VE/2VT ont été mis en place afin de faire rouler systématiquement les VE en priorité. Le tracé du secteur est plutôt vallonné, voire montagneux.
 - Nantes :
 - Tanneurs : site urbain qui gère les activités d'intervention clientèle sur la ville de Nantes
 - Orvault : site multi fonctionnel intégrant des activités d'intervention clientèle, réseau ainsi que de l'ingénierie et de l'exploitation. Les trajets effectués rayonnent en général sur les Pays de Loire et sont plutôt ruraux.
 - Paris

Plusieurs agences ont été équipées :

 - Grenelle : 2 VE en exploitation (font du 3x8) et 2 VE en agence clientèle.
 - Parmentier : 2 VE en exploitation (font du 3x8) et 2 VE en agence clientèle.
 - Batignolles : 2 VE agence clientèle et 5 agences exploitation. 2 VE en 3x8
 - Tolbiac : 2 VE exploitation (3x8) et 13 VE agence Comptage Mesure (CM).

5 Expérimentation : les véhicules

Les deux principaux types de véhicules testés sont les Renault Kangoo ZE et les Citroën-Venturi Berlingo.

Renault Kangoo ZE

Caractéristiques techniques

- Batterie : lithium-ion
- Capacité utile Batterie : 22 kWh
- Moteur : puissance 44 kW (60ch)
- Vitesse maxi : 130 km/h
- Consommation normalisée :
155 Wh/km (source plaquette Renault)
- Autonomie : 170 km (cycle NEDC, source site Renault ZE)
- Poids à vide : 1 426 kg
- Poids des batteries : 260 kg
- Poids total autorisé en charge : 2 126 kg
- Charge utile maximale : 650 kg
- Volume de chargement : 3 m³
- Couple moteur électrique : 226 Nm

Dispositif de recharge

- Puissance / Courant maximum consommé sur réseau 230 V monophasé en charge standard : 3,7 kVA / 16 A
- Charge occasionnelle : sur prise domestique 220 V, avec câble mode 2 10A en option
- Durée recharge de 20% à 80% (230V – 16A) : 4h30

Citroën-Venturi Berlingo

Caractéristiques techniques

- Batterie : Zebra, Nickel Chlorure de Sodium
- Capacité Batterie : 23.5 kWh
- Moteur : puissance 42 kW (55ch)
- Vitesse maxi : 110 km/h
- Consommation normalisée : 210 Wh/km
- Autonomie : 120 km
- Poids à vide : 1 314 kg
- Poids des batteries : 203 kg
- Poids total autorisé en charge : 1890 kg
- Charge utile maximale : 575 kg
- Volume de chargement : 3 m³
- Couple moteur électrique : 140 Nm

Dispositif de recharge

- Puissance / Courant maximum consommé sur réseau 230 V monophasé en charge standard : 3.7 kVA / 16 A
- Durée recharge totale (230V – 16A) : 7h-8h

6

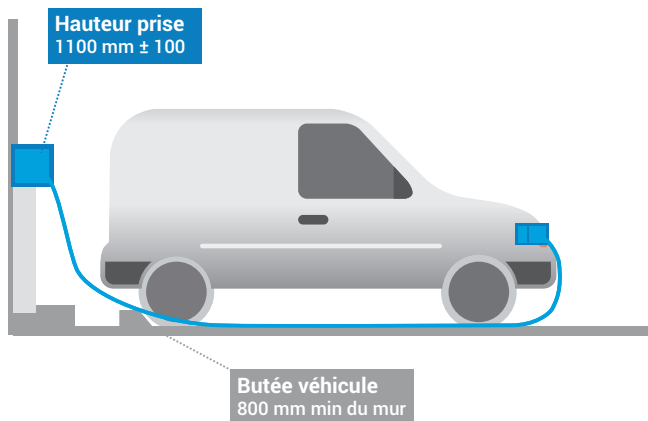
Expérimentation : éléments d'ergonomie pour le stationnement et la signalétique

Positionnement des bornes et signalétique

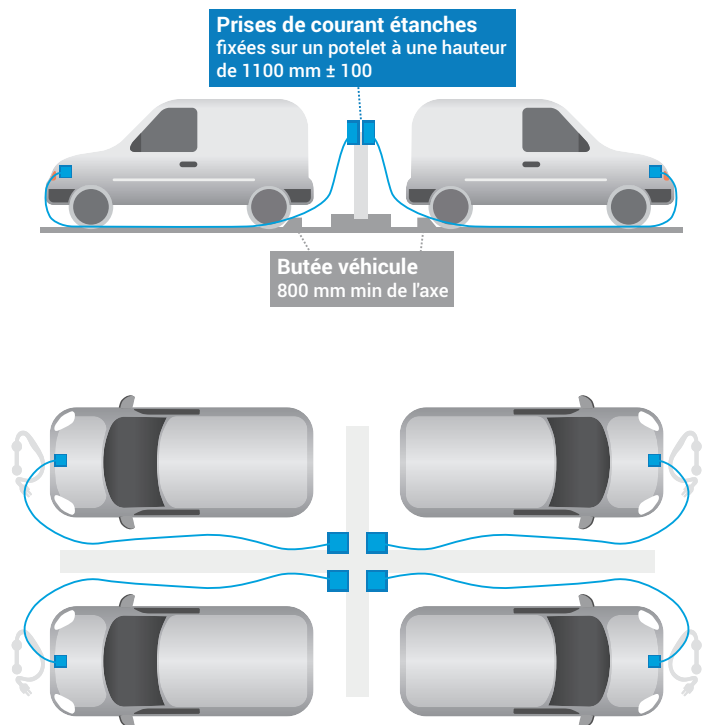
Les choix d'installation doivent concilier les différentes contraintes du site (emplacement...) et répondre à l'ensemble des exigences opérationnelles métier afin de ne pas constituer un handicap pour les utilisateurs. La détermination des emplacements va déterminer les structures d'accueils des bornes (sur mur existant, ou nécessitant des constructions de génie civil, potence...), notamment pour un stationnement en marche arrière (aménagement en conséquence pour les câbles).

Sur certains sites un support mécanique («**girafe du Vercors**») a été installé pour les prises. L'avantage est qu'il permet de fixer la borne sur le mur à l'arrière du VE et de positionner facilement le câble, à côté du connecteur de recharge, qui pour le modèle de véhicule concerné, est situé à l'avant. Ce type d'installation présente l'inconvénient de coûter relativement cher.

D'autres sites ont fixé les bornes sur les **poteaux à l'avant des VE**, sans qu'elles ne risquent de toucher le VE, économisant ainsi le coût du rail. Des butées de roues ont également été installées.

A1 Configuration "Borne Murale"

Celles-ci sont très pratiques. Cependant, définir le bon espace entre la fin de la place et la butée permettra de laisser un espace suffisant permettant d'ouvrir les portes arrière du véhicule et charger le matériel ou le produit transporté.

A2 Configuration avec un potelet qui peut être couplé à une butée pour éviter les reculs non maîtrisés.

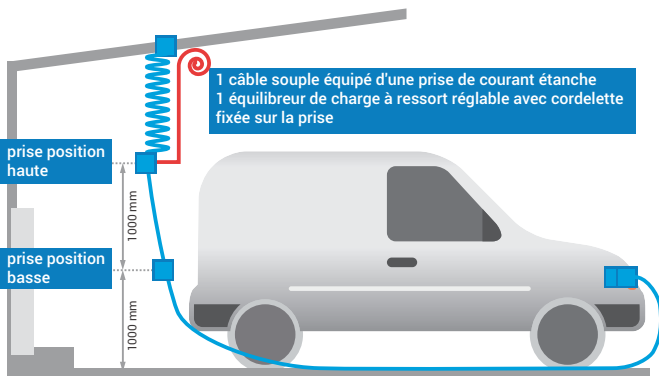
Une **signalétique** peut être mise en place à l'entrée du site pour les places réservées aux véhicules électriques. Le code couleur pour **l'emplacement des véhicules électriques est à choisir avec attention**. Les surfaces bleues sont considérées par certains utilisateurs comme la couleur utilisée pour signaler des emplacements de véhicules de personnes à mobilité réduite.

Certains sites ont **réservé l'emplacement des véhicules par des affichages au niveau des places de stationnement** : l'immatriculation véhicule est rappelée (peinture au sol, plaque). L'expérience a montré d'une part que cet affichage n'était pas forcément respecté et d'autre part que certains parkings ne permettent pas de respecter les emplacements. Dans certaines situations, il n'est pas possible de définir une place précise à un véhicule. L'expérimentation a permis d'identifier des sites pour lesquels les véhicules n'ont pas la place de ma-

noeuvrer. Au retour de tournée, les véhicules se garent dans l'ordre d'arrivée : le premier rentré se gare vers le fond. Dans ce type de situation, l'identification automatique véhicule/borne évite une adaptation lourde de l'organisation et sécurise l'identification des remontées de données pour l'application des consignes de charge.

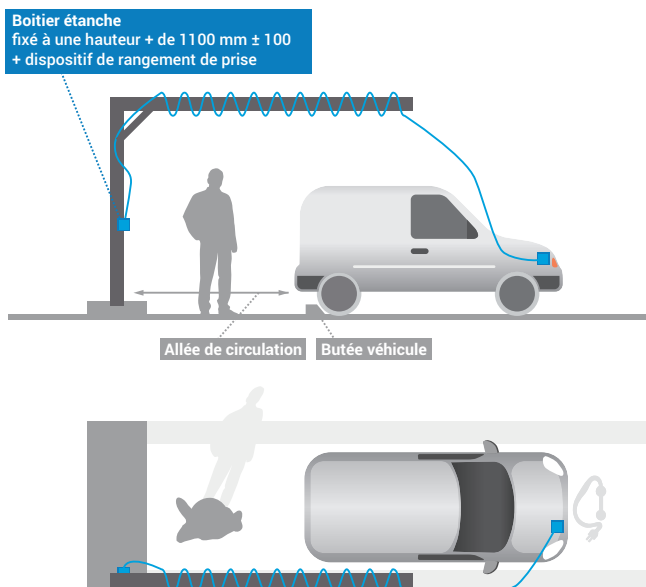
L'identification automatique véhicule/parking/borne apporte du confort aux utilisateurs. Une identification du couple borne/VE sécurise les consignes de charge (quand ces consignes sont dépendantes du véhicule considéré) et les tableaux de bord. Cette identification nécessite cependant un appareillage particulier (► Chap 4.2.2, équipements spécifiques).

A3 Configuration "câble par le haut"



A4 Configuration potence type "Girafe du Vercors"

Le VE stationne en marche arrière, la mise en place de potences réalisées sur mesure a été nécessaire pour laisser le passage libre derrière le VE et pour permettre le chargement du véhicule.



7

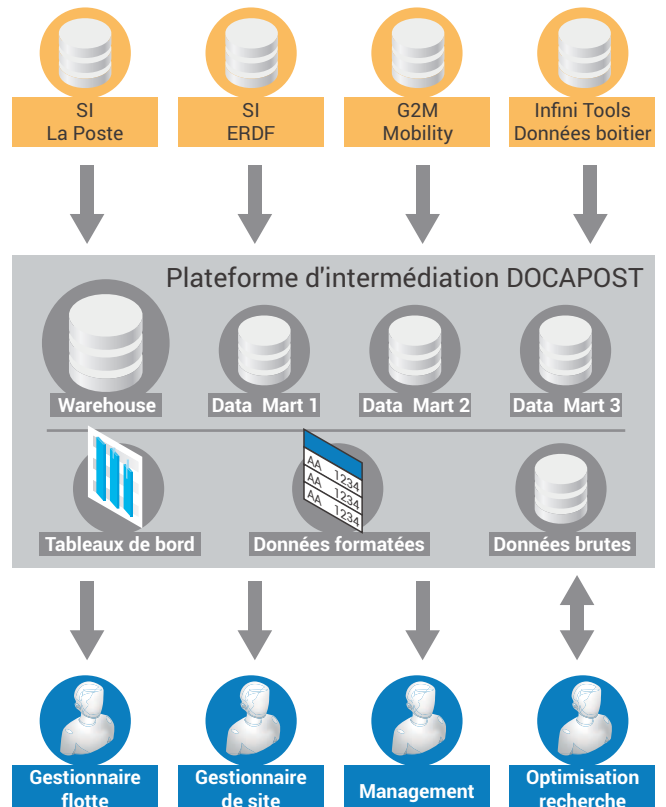
Fonctionnement de la plateforme d'intermédiation

Pour la **plateforme Infini Drive**, le choix a été fait de procéder aux développements des interfaces en mode 2 à 2 (interface par interface, avec chaque acteur concerné par le SI) et pour chaque interface, en mode itératif, de façon à ne pas limiter le champ aux évolutions en cours du projet, mais également parce que, comme tout projet expérimental, les périmètres techniques n'étaient pas figés au démarrage. Des doublons ont été constatés, certaines données étant transmises par différentes sources ou interfaces. Ce point était identifié, en effet, le suréquipement pour la mesure était volontaire et l'objectif était de disposer de données, qu'il y ait ou non redondance.

La plateforme a également fédéré les échanges de données entre les acteurs académiques, pour les algorithmes d'optimisation de la recharge, et ce, de façon asynchrone (chaque traitement d'algorithme était exécuté sur les machines de chaque académique). Ceci correspondait à un choix d'architecture pour l'expérimentation et a eu des conséquences sur les temps des traitements.

A5 Schéma fonctionnel de la plateforme d'intermédiation

Source des données : SI externe



Les fichiers de données, liés aux véhicules électriques ou aux infrastructures, traités par la plateforme d'intermédiation présentent des tailles allant de 1 Ko (fichier de synthèse) à 120 Mo (ensemble des données détaillées d'un parcours). Les données peuvent être transmises en direct, dès que la donnée est disponible, ou à fréquence journalière. Le temps de traitement d'une phase du process d'optimisation par les algorithmes varie de 3 à 10 minutes. L'enchaînement complet de l'ensemble des phases peut se faire en près d'une heure et pourrait être amélioré.

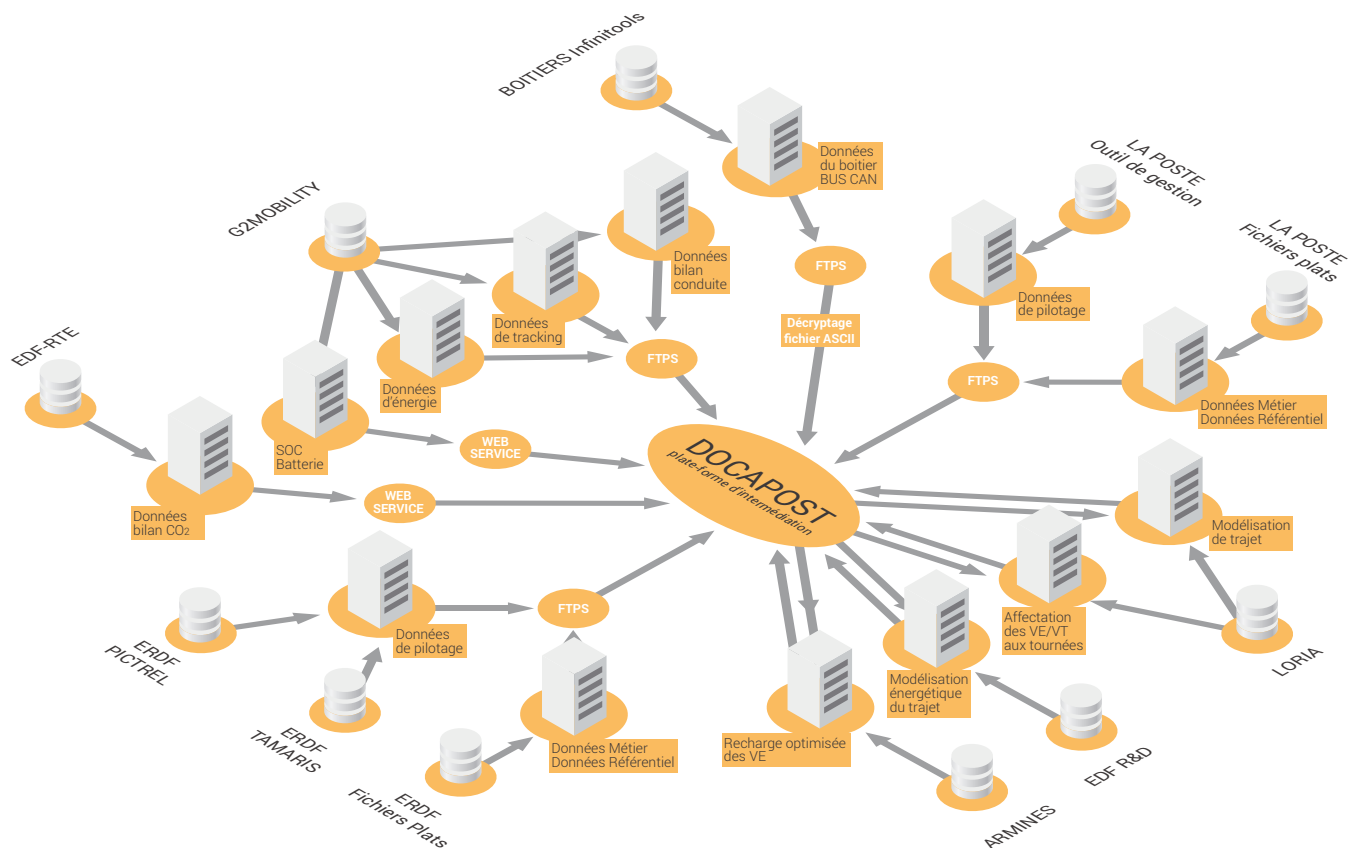
(► Annexe 8, phases des algorithmes)

Architecture applicative logiciel

L'architecture du système d'information de la plateforme d'intermédiation utilise les technologies Big Data, et plus précisément le framework Hadoop. Le principe de ce framework consiste à répartir l'exécution d'un traitement sur plusieurs nœuds, ou grappes de serveurs. Dans cette logique, les données vont être découpées en plusieurs parties, chaque partie étant stockée sur une grappe de serveurs différente. Au lieu d'adosser le traitement à une grappe unique, comme c'est le cas pour une architecture plus traditionnelle, cette distribution de l'information permet de répartir le traitement sur l'ensemble des nœuds de calcul sur lesquels la liste est répartie.

La plateforme d'intermédiation utilise aussi les bases de données relationnelles pour les Datamart (sous-ensemble d'un Data Warehouse destiné à fournir des données agrégées aux utilisateurs tels que les indicateurs tableaux de bords), des outils ETL (extraction, transformation et chargement) pour la valorisation et le calcul des indicateurs, et un serveur d'application web décisionnel Pentaho, permettant de mettre à disposition l'ensemble des ressources décisionnelles et ceci au travers d'URL Web uniques et standardisées.

A6 Architecture d'échanges des données de la plateforme d'intermédiation



8 Fonctionnement des algorithmes

Des algorithmes ont été développés pour certains traitements et optimisations. Ils s'enchaînent et constituent un outil d'aide à la décision pour le pilotage de la recharge des véhicules électriques. L'ensemble des algorithmes est ordonnancé sur la plateforme d'intermédiation, en voici les 4 principaux :

- **La phase 1** permet, à partir des données de géolocalisation des parcours, de calculer plus précisément **les coordonnées géographiques de chaque parcours**.
- **La phase 2** calcule **l'énergie nécessaire** à chaque parcours en fonction des paramètres du véhicule, de la température extérieure et de la conduite des agents.
- **La phase 3** permet d'**affecter les véhicules aux tournées** de façon à assurer un bilan économique et environnemental optimisé.
- La **phase 4** permet d'**optimiser la recharge des véhicules** en tenant compte des contraintes tarifaires et des appels de puissance du bâtiment.

Au bilan, ils ont permis d'élaborer, pour un site, à un rythme journalier ou hebdomadaire :

- des plannings de charge des véhicules électriques,
- des plannings d'activité des véhicules électriques et thermiques.

Ces plannings ont été élaborés suivant des objectifs d'optimisation économique et environnementale dans un cadre de contraintes précis.

La suite précise les quatre phases de l'algorithmie développée par les académiques LORIA et ARMINES ainsi que par EDF R&D.

PHASE 1 – Modélisation des trajets

L'objectif de cet algorithme est de modéliser les trajets que doivent réaliser les véhicules. Pour cela, il donne un échantillonnage prévisionnel des coordonnées géographiques du trajet à réaliser.

Données et paramètres pris en compte :

Entrée : Les données d'entrées sont l'identifiant établissement, le nom du site et la localisation de l'établissement (x, y), la date et l'identifiant de la tournée, les points d'intervention

(x, y) et l'ordre des points d'intervention.

Sortie : Les données de sortie comprennent l'identifiant tournée, les coordonnées (x, y, z) des points de passage (comprenant les points d'intervention et les différents changements d'orientation), l'ordre des points de passage, la distance entre deux points, le temps passé entre deux points, la vitesse moyenne entre deux points, l'accélération moyenne entre deux points, la distance totale à parcourir pour chaque tournée.

PHASE 2 – Modélisation énergétique des trajets

Cet algorithme calcule l'énergie électrique nécessaire pour la réalisation d'un trajet par un véhicule électrique.

Données et paramètres pris en compte :

Entrée : le calcul tient compte de données d'entrée de différentes natures et de différentes provenances. Il y a :

- les données dynamiques définissant les trajets à réaliser : les coordonnées (x, y, z) des points de passage, la vitesse, l'accélération, l'ordre des points de passage, la distance entre deux points.
- les données statiques ayant un impact sur la consommation d'énergie telles que le poids de la cargaison (considérée comme constante au cours du temps) et du conducteur, la note d'écoconduite.
- les données techniques du véhicule : le poids du véhicule, ses caractéristiques de résistance à l'air, climatisation électrique ou non, chauffage électrique ou non...

Sortie : L'algorithme fournit en donnée de sortie l'énergie nécessaire par trajet. Il peut également traiter un ensemble de trajets.

PHASE 3 – Optimisation de l'affectation des VE et VT aux trajets

Cet algorithme permet d'optimiser l'affectation des véhicules électriques et thermiques aux trajets tout en garantissant l'existence d'un planning de charge faisable. Il est modélisé sous forme de problème linéaire en nombres entiers.

Les fonctions «objectifs» implémentées dans l'algorithme sont les suivantes :

- Maximiser le nombre de km faits par les VE,

- Minimiser le coût de la recharge,
- Minimiser les quantités de CO₂ émises,
- Minimiser les coûts d'exploitation du parc de véhicules,
- Minimiser le coût de possession du parc de véhicules.

Données et paramètres pris en compte :

Entrée : Les données d'entrée nécessaires à l'algorithme sont celles issues de la phase 2 (identifiant tournées, Energie nécessaire, distance parcourue, Type et catégorie de véhicule), les paramètres véhicules, la référence conducteur, des données des tournées. Cette phase requiert aussi des informations électriques au niveau du site (courbe de charge, puissance souscrite...) afin de vérifier que l'affectation choisie a une solution en termes de recharge.

Sortie : Les données de sortie sont l'identifiant tournée, l'immatriculation, l'identifiant conducteur/identifiant Borne, début et fin de l'indisponibilité du véhicule, le besoin en énergie et le SoC initial.

PHASE 4 – Optimisation de la planification de la charge

L'objectif de cet algorithme est de fournir un planning de charge en optimisant la recharge suivant des objectifs économiques ou environnementaux.

Pour une flotte de véhicules électriques dont on connaît l'état de charge courant ainsi que le planning d'utilisation et de dépense énergétique futur, établir son planning de charge consiste à déterminer les plages temporelles de connexion des véhicules aux bornes, ainsi que les niveaux d'intensité délivrés par ces bornes. Un planning obéit à des contraintes diverses : rétablir un état suffisant de charge avant utilisation, ne pas dépasser à chaque instant des seuils minimum et maximum de charge interne des batteries, ne pas appeler trop de puissance électrique du réseau...

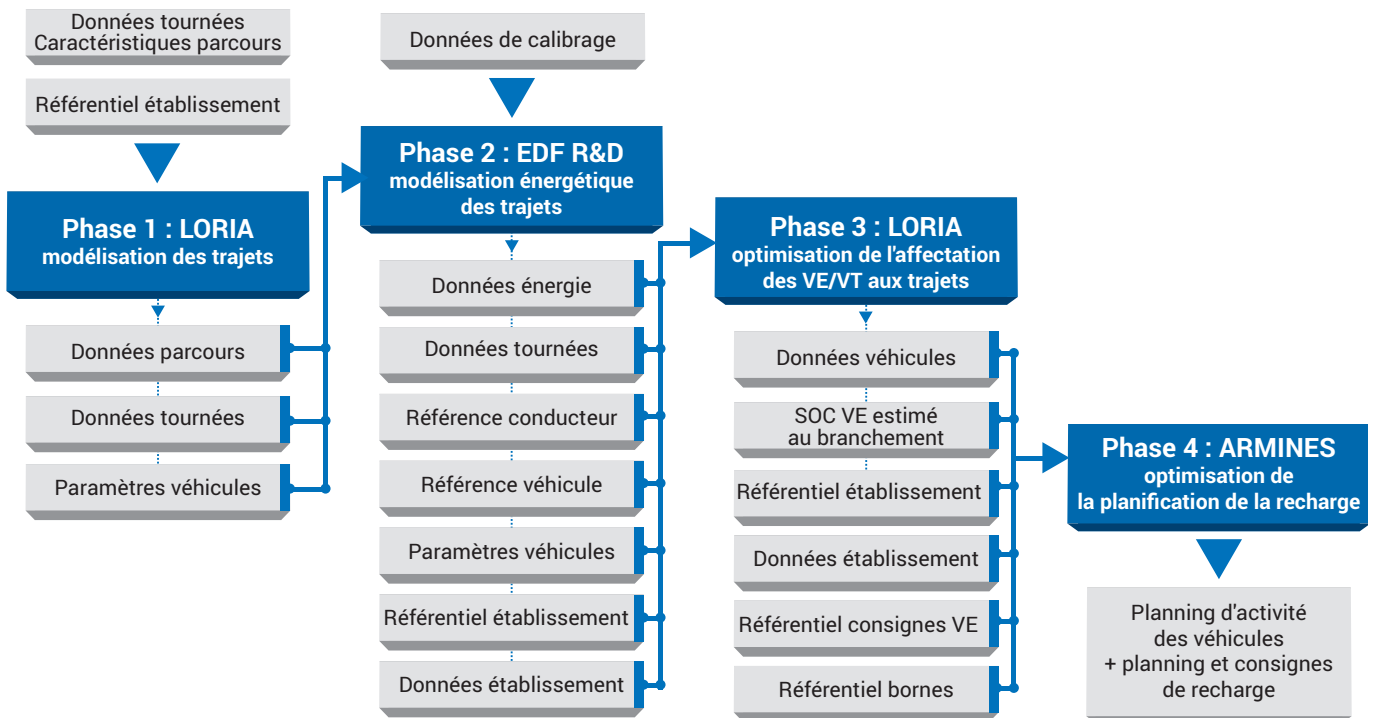
On peut associer à une politique de recharge un coût, qu'on cherchera à minimiser (euros, carbone émis, puissance maximum appelée...). On parle alors de recharge optimisée. Cette optimisation est modélisée sous forme de problème linéaire sous contraintes, en variables mixtes.

Données et paramètres pris en compte :

Entrée : Les données d'entrée sont les données véhicules et le SoC estimé au branchement, données et le référentiel de l'établissement, le référentiel des bornes et le référentiel consigne VE.

Sorties : les données de sortie sont l'identifiant Borne, l'immatriculation, l'heure de début et de fin de la recharge, l'énergie nécessaire, la consigne en ampères.

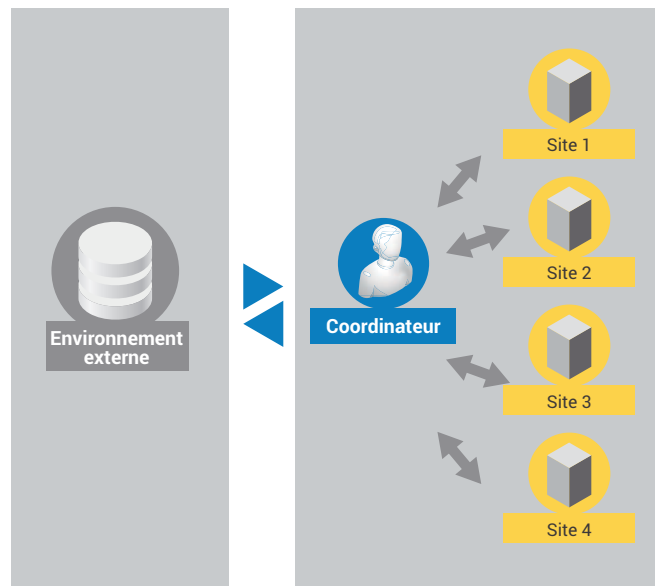
D'autres algorithmes issus de ces derniers ont été développés pour les simulations :



A7 Synthèse de l'articulation des différentes phases d'algorithmes

- Un **algorithme intégré** permettant de résoudre le problème d'**affectation des véhicules aux trajets et de recharge des véhicules électriques**. Cet algorithme a permis de résoudre également le problème de flotte optimale à déployer sur un site.
- Un **algorithme de coordination** permettant de résoudre le problème de recharge des véhicules électriques sur plusieurs sites proches.

A8 Algorithme de coordination de la recharge de véhicules électriques sur plusieurs sites



9

Éléments de méthode pour l'analyse du contexte

Objectifs

Chaque culture professionnelle est unique. Mais cette culture professionnelle est-elle adaptée à l'adoption du véhicule électrique ? Quel est son rapport à l'innovation et à la haute technologie ? Son rapport à l'enjeu stratégique, économique et organisationnel du véhicule électrique ? Son rapport au développement durable et à la mobilité ? Son rapport à l'éco-citoyenneté individuelle et collective ? Voici les questions que peut utilement se poser une entreprise ou une collectivité pour évaluer le niveau d'adaptation culturelle de ses salariés à ce déploiement, et pour revisiter sa communication en conséquence afin de bien préparer ses cibles.

Plusieurs méthodes peuvent aider à une telle évaluation. Deux seront présentées, utilisées dans le cadre d'Infini Drive pour analyser la communication interne d'une des entreprises partenaires et étayer les préconisations en matière de communication du changement. Issues de la linguistique et des sciences de la communication, ces méthodes sont assez com-

plexes. Elles sont principalement conseillées aux grandes structures et s'appliquent à analyser les discours écrits de la communication interne, censée exprimer la culture collective. Elles ont l'avantage de repérer de façon objective et scientifique, la façon dont les discours de la communication interne parlent de l'électromobilité, de l'innovation et du développement durable. Elles permettent ainsi de valider la communication interne avant et pendant le déploiement.

La méthode

Un préalable, la sélection des textes à analyser

Quelle que soit la méthode, il convient de faire une sélection des textes à analyser du fait du volume de la communication interne disponible et du travail de préparation nécessaire. Cette sélection s'appelle un corpus. Elle peut se faire à partir de mots clés pour cibler la thématique du projet. Une fois cette sélection établie, le texte doit aussi subir un travail de codage afin de pouvoir être pris en compte par les logiciels d'analyse de discours.

Dans le cadre d'Infini Drive, la sélection a été réalisée à partir de quatre publications internes de l'entreprise partenaire sur la période d'octobre 2006 à décembre 2013. Cette période a été subdivisée en deux parties : l'une précédant la mise en place du projet Infini Drive (période antérieure à mai 2012), l'autre constituée par la période effective du projet (de mai 2012 à décembre 2013). Le corpus a été sélectionné à partir des articles comportant un ou plusieurs des cinq mots-clés suivants : «durable», «responsable», «véhicule», «électrique», et/ou «innovation», soit 1269 articles repérés puis codés pour l'analyse.

Dans le cas d'Infini Drive, les discours de la communication interne avant et après l'expérimentation ont été comparés. Les deux périodes ont été codées comme deux modalités de variable, et la significativité des disparités entre les discours a été validée statistiquement.

Deux méthodes complémentaires pour analyser les discours

• L'analyse lexicométrique avec Iramuteq

Le logiciel d'analyse Iramuteq est fondé sur une approche statistique du corpus. Il étudie la présence, l'occurrence, la concurrence des formes lexicales. Il permet d'identifier les ressemblances et les différences entre les supports de communication, facilitant ainsi l'identification de sous-représentations ou de surreprésentations de lexiques. Une cartographie des co-occurrences permet de visualiser les différentes tendances communicationnelles. Cet outil performant donne des indicateurs au sein d'une problématique de recherche.

Une fois le corpus constitué, le logiciel effectue une segmentation, c'est-à-dire un repérage de toutes les formes (ou mots) composant le corpus et un comptage de leurs occurrences (le nombre de fois où ces mots apparaissent), compilant ensuite ces informations dans un index (ou dictionnaire). Le corpus doit également être préalablement codé pour permettre au logiciel d'en effectuer une partition, consistant à adjoindre à chaque texte des informations de type «méta-données». Pour le projet, le codage effectué précise le type de support, son nom, le mot clé à partir duquel l'article a été sélectionné ou encore la date.

Notons que ce logiciel permet éventuellement de procéder à une analyse comparative pour mettre en regard les principaux résultats issus de ces premières analyses. La systématisation de la comparaison permet de dessiner des lignes d'évolution dans la construction du discours lié aux thématiques choisies. Une analyse contrastive est possible également pour comparer les parties d'un discours entre elles.

Le logiciel permet d'opérer une analyse complète, notamment grâce à :

- la classification hiérarchique descendante (CHD) : le corpus est agencé en différentes classes de discours, classes formées par un lexique extrêmement co-occurent à l'intérieur d'unités textuelles de l'ordre du paragraphe
- l'analyse factorielle des correspondances (AFC) : il s'agit d'un plan orthonormé, en deux dimensions (avec deux facteurs, les plus significatifs) qui représentent spatialement la distance lexicale entre les formes du discours et entre ses parties. Plus les formes lexicales (les mots) sont éloignées sur le graphique, moins elles sont potentiellement utilisées ensemble.
- l'analyse de similitude : elle repose sur la théorie des graphes, classiquement utilisée pour l'étude des représentations sociales. Son objectif est d'étudier la proximité et les relations entre les éléments d'un ensemble, sous forme d'arbres maximum.

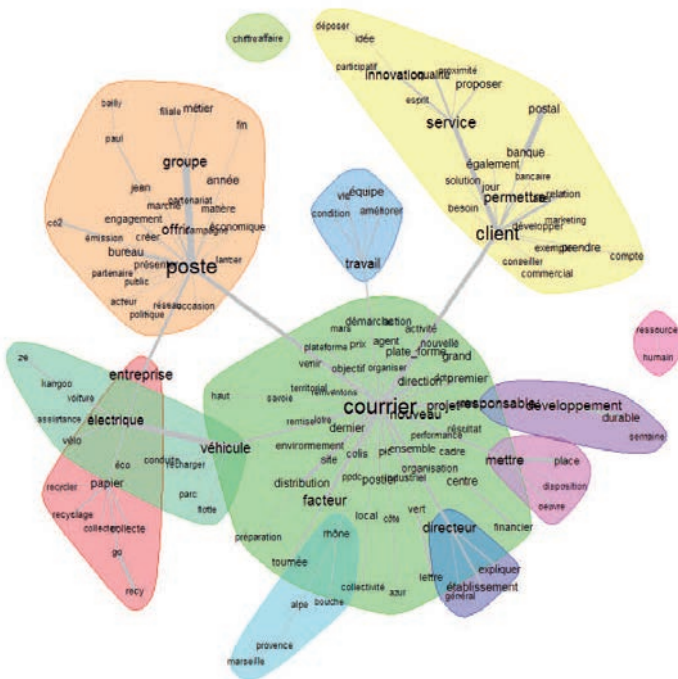
L'analyse de similitude des documents de la communication interne pendant Infini Drive.

Le graphique page suivante est une analyse de similitude du corpus, effectuée par Iramuteq «pendant l'expérimentation Infini Drive». Il a été comparé avec un autre graphique analysant les discours «avant Infini Drive». Dans les deux périodes, le «courrier» apparaît comme la notion centrale du corpus, plus encore que le «Groupe La Poste», même si ces termes restent importants. Les «véhicules électriques» constituent toujours un cluster lexical distinct des autres, de même que le «développement durable et responsable». En revanche, «l'innovation» est passée du statut de terme périphérique au courrier, lors de la période antérieure à Infini Drive, à celui de partie intégrante du cluster «service au client», ce qui dénote explicitement une intégration de «l'innovation» dans la période récente de l'expérimentation, et ce en rapport très étroit avec la notion de «service au client».

L'innovation constituant un levier fort de l'engagement des utilisateurs en faveur des VE/IRVE, ce résultat objectif et scientifique engage à conseiller d'intégrer plus précocement et de façon plus généralisée la notion d'innovation dans sa communication interne (processus et résultats de l'innovation).

Ce type d'analyse a permis de délimiter les espaces de pensée construits par les utilisateurs lors des entretiens semi-directifs menés par les chercheurs pendant des tournées en VE. Y apparaissent notamment, et de manière très concurrente, les VE et les IRVE, la description du métier et la vision de la profession, de même qu'un certain nombre de considérations pratiques et abstraites sur la conduite des VE et le sujet de la mobilité durable. Ce travail permet de catégoriser les représentations des utilisateurs et d'affiner leur suivi.

A9 Les sept univers de discours des utilisateurs des VE de La Poste pendant l'expérimentation Infini Drive

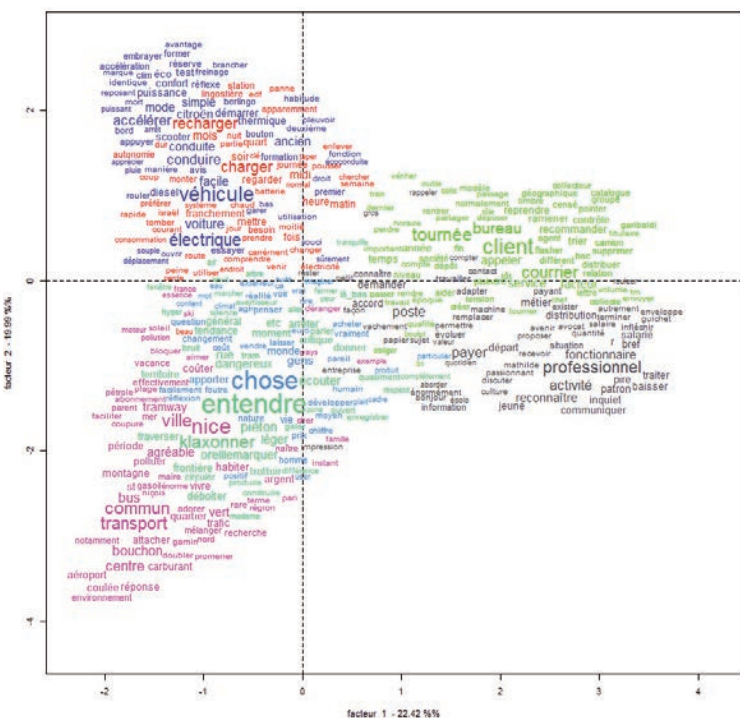


• L'analyse sémantique avec Tropes

Le logiciel d'analyse Tropes s'appuie quant à lui sur une représentation sémantique des textes, complémentaire à l'analyse statistique d'Iramuteq. Il se base sur une ontologie, c'est-à-dire une classification arborescente des concepts présents dans le corpus, en fonction de son lexique. En vue de l'analyse de la communication d'une entreprise, ce type de grille permet de repérer la présence de tendances communicationnelles : sur-représentations et sous-représentations de concepts ; spécificités lexicales de chaque publication ; schémas argumentatifs autour des concepts sélectionnés. Cet outil d'analyse sémantique permet d'identifier les stratégies discursives à partir du lexique employé, dans toute communication relative à l'intégration de véhicules électriques et de leurs infrastructures de recharge.

Précisons qu'il est possible de personnaliser l'ontologie généraliste proposée par Tropes en fonction des objectifs recherchés et du corpus étudié. Dans le cadre d'Infini Drive, une ontologie spécifique a été créée pour travailler en profondeur les sens possibles des concepts clefs associés à l'électromobilité, du développement durable dans toutes ses dimensions, de la communication du changement, etc. Cet effort de qualification des concepts s'est basé sur les théories associées à ces sujets et il a été conduit grâce à la complémentarité de deux approches :

- l'approche onomasiologique est une démarche qui part de l'idée, du concept, pour en étudier les diverses expressions dans un domaine spécialisé (par exemple, les chercheurs ont décliné les sous-concepts et les mots se rapportant au concept de l'accompagnement au changement : accompagnement, apprentissage, changement, collaboration, communication, engagement, responsabilisation, sensibilisation, etc.)



- l'approche sémasiologique part, à l'inverse, des signes linguistiques, des mots, pour aller vers le concept (par exemple, ont été ajoutés les termes spécifiques issus du corpus tels que PPA/plan de protection de l'atmosphère, ZAPA/zone d'action prioritaire pour l'air, COV/composé organique volatiles, etc.) et associés aux concepts de l'ontologie.

Dans le cadre d'un projet spécifique de déploiement de VE/IRVE, cette ontologie a pour intérêt :

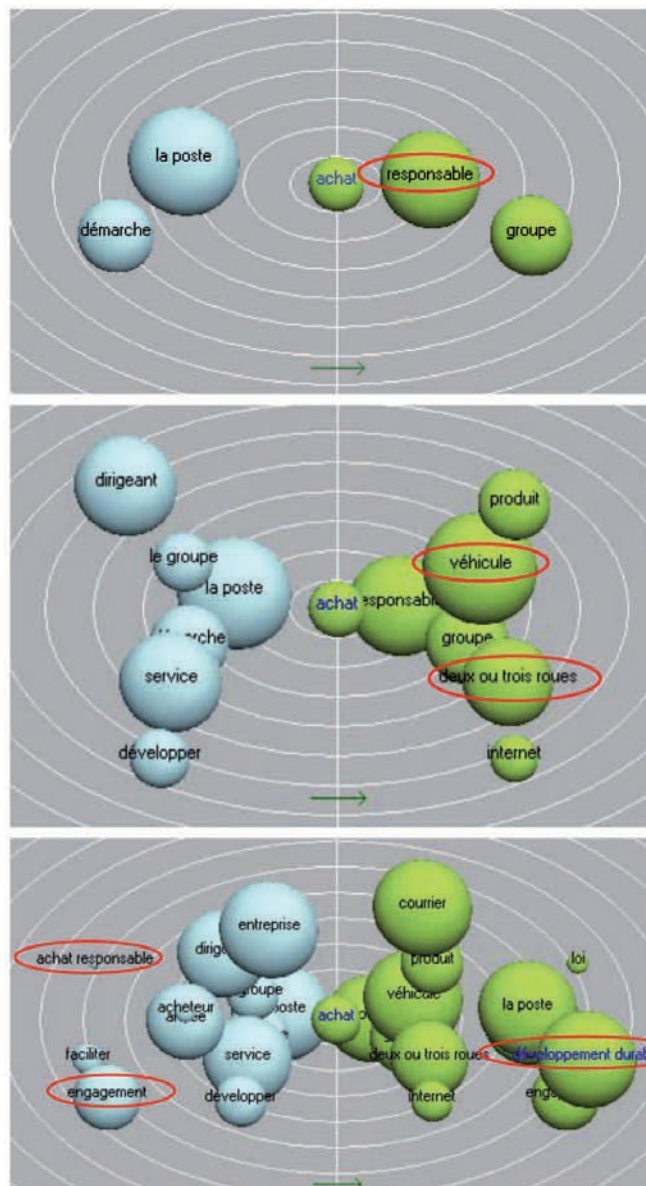
- une lecture thématique des documents selon les concepts choisis,
- une catégorisation personnalisée des concepts en fonction des objectifs (les catégories qui ne sont pas issues de connaissances «encyclopédiques» mais dépendent de la perspective d'analyse des stratégies de communication-une évolution possible de la classification en fonction du contexte/des besoins).

Les mots de la communication interne analysés par Tropes dans le cadre d'Infini Drive.

Ces trois extractions depuis le logiciel Tropes constituent une vision de plus en plus élargie des mots apparaissant dans la proximité du mot «achat» dans les textes de la communication interne de notre entreprise partenaire. On constate que le mot «achat» est associé très précocement au terme «responsable», et que même dans un périmètre plus éloigné, «achat» reste associé aux termes «responsable», «engagement» et «développement durable». Ce qui indique un univers culturel «développement durable» bien installé et propice à l'intégration des VE / IRVE. Il donne aussi à penser que l'argument environnemental et éco-citoyen utilisé par la communication d'accompagnement sera pertinent.

Conclusion

Ces méthodes permettent d'évaluer, de façon objective, le contexte communicationnel avant et pendant le déploiement et de le réorienter au besoin. Dans notre expérimentation, les résultats issus des analyses de discours ont aussi été enrichis à la lumière des théories mobilisées (communication du chan-



A10 Trois extractions du logiciel Tropes

gement, communication éco-citoyenne, théories de l'appropriation d'une innovation, etc.). Un travail approfondi a, en effet, été produit pour établir parallèlement à l'ontologie des listes d'hypothèses et leurs indicateurs, reflétant les manières idéales et tendancielle d'aborder des concepts clés de la problématique. C'est donc en fonction des catégorisations privilégiées dans l'ontologie et des hypothèses recherchées que l'analyse des discours prend tout son sens. Pour effectuer une telle analyse, il est conseillé de faire appel à des spécialistes pluridisciplinaires. Dans le cadre du projet, des enseignants-chercheurs en Sciences du Langage et en Sciences de l'Information et de la Communication ont réalisé cette étude, en étroite collaboration avec des experts de l'innovation et du développement durable.

10 Éléments de méthode pour le calcul du TCO

Coûts fixes (€/véhicule sur la période T) Période T : période d'optimisation

Véhicule	Valeur d'achat moins valeur de revente d'un véhicule (ramené sur la période T, bonus écologique pris en compte)
Batterie	Coût de location de la batterie ramené à la période T (location supposée constante)
Infrastructure de recharge (basse)	Coût infrastructure de recharge basse par véhicule ramené à la période T 1 borne par véhicule et coûts de raccordement ramenés par véhicule et à la période T (borne + télérupteur + câble)
Infrastructure de recharge (haute)	Coût infrastructure de recharge haute (intelligence, système de pilotage de la recharge et SI associé) par véhicule ramené à la période T Boitier, informatique, PF de restitution, abonnement GPRS, maintenance
Contrat énergie	Prime fixe annuelle du contrat d'énergie et éventuels travaux de raccordement pour augmenter la puissance souscrite ramené par véhicule et sur la période T Hypothèse : application d'un coefficient de foisonnement pour la prime ce qui permet de justifier que la totalité de la prime n'est pas allouée uniquement aux véhicules électriques.
Fiscalité	Coûts liés à la carte grise, vignette, taxes ramenés par véhicule et sur la période T. TVS, TVA, amortissement non déductible, taxe au profit de l'association pour le développement de la formation professionnelle

Coûts variables (€/km)

Energie	Coûts liés à la consommation de gazole, essence, électricité ramenés à la distance parcourue
Entretien, maintenance véhicules	Coûts d'entretien et de maintenance des véhicules ramenés à la distance parcourue
Assurance	Coûts liés à l'assurance des véhicules ramenés à la distance parcourue (moindre coût probable pour les véhicules électriques non ajusté par manque de précision)
Sinistralité	Coûts à la sinistralité des véhicules ramenés à la distance parcourue

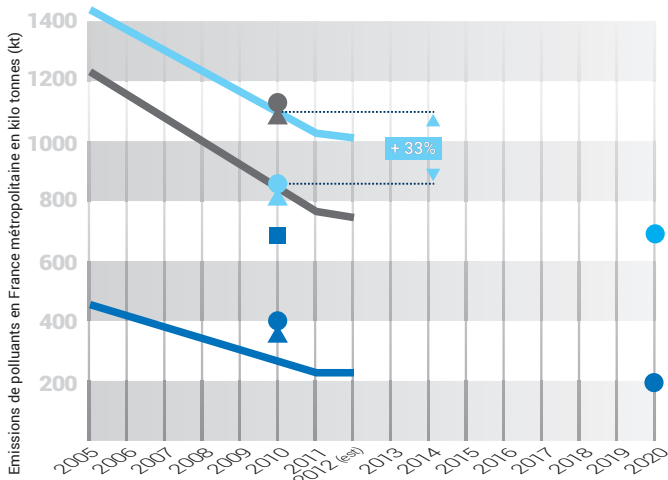
11

Éléments de méthode et contexte relatifs au bilan environnemental

Contexte relatif à la qualité de l'air

Dans le cadre de la Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance, plusieurs Protocoles ont été adoptés en vue de réduire les émissions dans l'air :

A11 Inventaire des émissions de SO₂, NO_x et COVNM en France métropolitaine et objectifs¹



- Emissions françaises de SO₂ (kt)
- Emissions françaises de NO_x (kt)
- Emissions françaises de COVNM (kt)
- Objectifs SO₂ 2000 et 2010 : 2^e protocole soufre
- Objectifs SO₂ 2010 et 2020 : Protocole de Göteborg
- ▲ Objectif SO₂ 2010 : DIRECTIVE NEC
- Objectifs NO_x 2010 et 2020 : Protocole de Göteborg
- ▲ Objectif NO_x 2010 : DIRECTIVE NEC
- Objectifs COVNM 2010 et 2020 : Protocole de Göteborg
- ▲ Objectif COVNM 2010 : DIRECTIVE NEC

- Le second Protocole soufre signé en 1994 et fixant des objectifs jusqu'en 2010 relatifs aux émissions de SO₂
- Le Protocole de Göteborg signé en 1999 fixant des objectifs jusqu'en 2020 relatifs aux émissions de SO₂, NO_x, COVNM, NH₃ et PM_{2,5}

De même une directive européenne, la directive NEC (National Emissions Ceilings), a été adoptée en 2001 pour réduire les émissions de SO₂, NO_x, COVNM et NH₃ d'ici 2010. De nouveaux objectifs devraient être fixés d'ici peu dans le cadre de la révision de la directive NEC sur ces polluants mais également sur les émissions de particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2,5}).

La France a atteint tous ses objectifs concernant le SO₂ et les COVNM excepté les objectifs concernant les émissions de NO_x, qu'elle dépasse de 33% par rapport aux objectifs fixés.

Concernant les émissions de particules PM_{2,5}, le Protocole de Göteborg fixe une réduction de 27% de ces particules d'ici 2020 par rapport au niveau de 2005. Ramené à l'année 2011, cet objectif a été atteint. Cependant, vis-à-vis des normes concernant la qualité de l'air en zone urbaine dense, la France est en situation de contentieux avec la Commission Européenne pour les PM₁₀.²

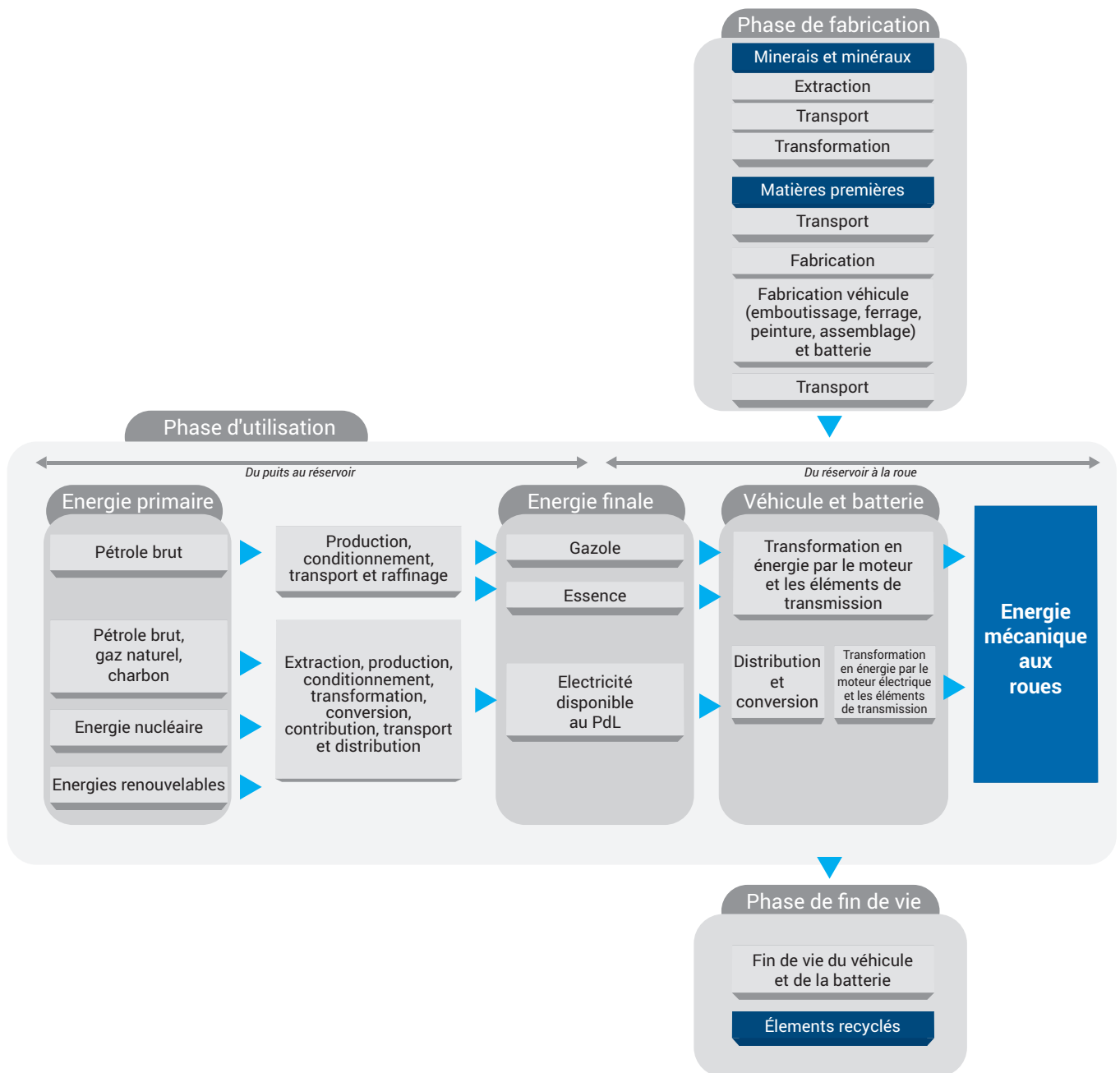
1 - Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France, Avril 2013

2 - Ministère de l'Ecologie, Les enjeux atmosphériques - Etat des lieux France-Région, Juillet 2011

Méthodologie

La méthode de l'analyse de cycle de vie (ACV) permet d'obtenir des éléments de comparaison sur les deux technologies de véhicules : thermique et électrique. L'étude ACV retenue est celle de l'ADEME, puisqu'étant la plus récente, la plus complète et publique.

Les résultats de cette étude ont été analysés suivant les cas d'usage La Poste et ERDF, c'est-à-dire pour une cible de revente à 75 000 km. Les différentes phases du cycle de vie d'un véhicule se décomposent généralement de la façon suivante :



A12 Phases du cycle de vie d'un véhicule thermique et électrique pris en compte dans le cadre de l'étude ADEME

Dans le cadre du projet Infini Drive, seule la phase d'usage (qui intègre pour la chaîne énergie de l'extraction des combustibles à leur utilisation) a été étudiée plus précisément sur les sites d'expérimentation.

Pour la phase d'usage, différentes approches du facteur d'émissions de l'électricité sont possibles suivant les objectifs recherchés :

A13 Synthèse des facteurs d'émissions de l'électricité identifiés et étudiés suivant les différentes approches

Approches / Objectifs		Annuel				Horaire, prospectif, autre			
		FE européen moyen annuel	FE français moyen annuel	FE français corrigé moyen	FE électricité par producteur, fournisseur	FE horaires	FE par usage	FE marginal	FE prospectif moyen annuel
Bilans a posteriori	Thermiques / électriques		✓	✓			✓	✓ Grand volume de VE	
	Thermiques								✓
	Électriques					✓	✓	✓ Grand volume de VE	
Outils d'aide à la décision	Outil d'affectation des véhicules aux tâches à réaliser		✓	✓					
	Outil de planification de la recharge					✓			
	Outil de planification de la recharge (prospectif)					✓			✓
	Outil d'affectation des véhicules aux tâches à réaliser + Outil de planification de la recharge					✓ Niveau outil planification recharge			

L'approche par un facteur d'émissions par usage peut être utilisée pour faire des bilans de GES a posteriori entre les véhicules électriques et les véhicules thermiques et pour comparer des politiques de recharge entre elles. Il n'existe pas à ce jour de facteur d'émissions pour l'usage du véhicule électrique et, par manque de données sur une année complète, ce facteur d'émissions n'a pu être calculé dans le cadre du projet. De même pour le facteur d'émissions marginal, il n'existe pas à ce jour de facteur spécifique au véhicule électrique. Celui-ci peut être utilisé pour un grand volume de VE uniquement.

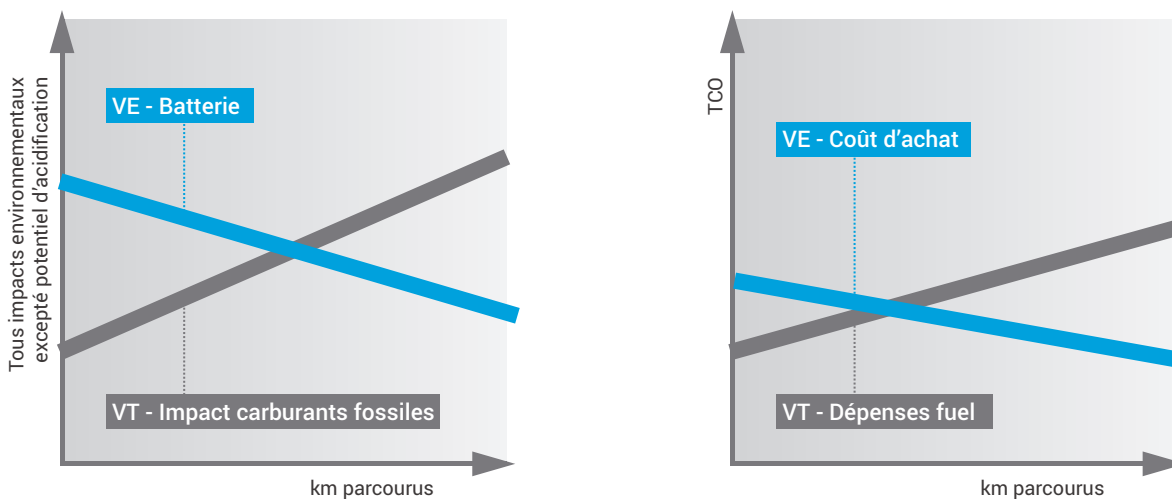
Pour comparer les émissions de GES entre le véhicule électrique et le véhicule thermique, un facteur d'émissions moyen annuel corrigé des imports et des exports a été retenu.

Pour comparer les différentes politiques de recharge entre elles, un facteur d'émissions horaire sur la base des données RTE a été retenu.

A14 Synthèse des impacts environnementaux et des émissions

Evaluation environnementale VE/VT	Phase d'usage étudiée dans le cadre d'Infini Drive (du puits à la roue)	Ensemble du cycle de vie (à 75 000 km)
Emissions de polluants locaux		
CO	✓	✓
NO _x	✓	✓
SO ₂	✓	✗
COVNM	✓	✓
PM _{2,5-10}	✓	✗
PM _{2,5}	Niveau d'incertitudes important	Non étudié par l'ADEME
Radioactivité dans l'eau et dans l'air	Non étudié	✗
Impacts environnementaux		
Réchauffement climatique	✓	✓
Epuisement des ressources fossiles	Non étudié	✓
Création d'ozone photochimique	Non étudié	✓
Eutrophisation de l'eau	Non étudié	✓
Potentiel d'acidification	Non étudié	✗

✓ Plus favorable au VE ✓ VE plus favorable que VT Diesel et moins favorable que VT essence ✗ Moins favorable au VE

A15 Synthèse de l'évolution des impacts environnementaux et du TCO lors du cycle de vie des véhicules, pour un mix électrique français

12 Fonctionnement des équipements complémentaires pour l'architecture

Cette annexe précise les équipements complémentaires mentionnés dans le chapitre 3.2.2.

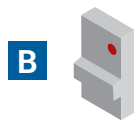
La reconnaissance point de charge véhicule



La gestion de la recharge dans une logique de juste besoin intervient si le couple borne-véhicule est connu. Le cas où les places sont dédiées (un véhicule 1 se recharge en permanence à la borne 1, un véhicule 2 à la borne 2 etc.) ne demande pas de dispositif particulier. Le gestionnaire est capable de suivre la bonne recharge des véhicules via une plateforme de suivi d'état des bornes de recharge recensant l'emplacement des places de stationnement.

Les situations pour lesquelles la place n'est pas dédiée ne permettent pas de reconnaître le couple borne-véhicule. Une situation dans laquelle un véhicule 3 se charge sur une borne 1 un jour, sur une borne 2 le jour suivant ne permet pas d'organiser une politique de recharge adéquate. L'arrivée des véhicules communicants et de la norme ISO 15 118 permettront à terme de s'abstraire d'un dispositif de reconnaissance additionnel. En l'état, un équipement de reconnaissance (NFC) est indispensable pour permettre l'appareillage du véhicule à une borne et appliquer des règles de priorités adéquates. La simple pose d'un badge sur le trousseau de clés permet à un utilisateur d'identifier le véhicule à la borne lors de la charge du véhicule et est traitée directement par le système d'information.

Le délestage



Le délestage est la procédure intervenant lorsque la charge a commencé et est interrompue pendant son cycle pour une durée non connue par un appareil de délestage de la puissance soutirée au réseau. Le délestage est utile car il préserve en basse tension de l'ouverture du disjoncteur et donc de la mise hors tension du site avec toutes les conséquences induites. Pour autant, il ne redémarrera pas toujours au retour de la présence de tension. Un diagnostic adapté au type de véhicule électrique retenu guidera le gestionnaire de flotte.

Le démarrage différé



Le démarrage différé intervient lorsque le véhicule est connecté à la borne et que le démarrage de la charge n'est pas instantané. Un ordre manuel ou automatique (contacteur J/N, horloge, interrupteur) active la charge plus tard.

La pose de l'horloge réduit les possibilités de charge pour une organisation. En effet, le déclenchement d'une charge à une heure définie, sur un signal identifié ou la coupure de courant sur une puissance définie limite l'adaptation de la charge, et par extension l'usage des véhicules pour les besoins de l'organisation.

Le Smart Metering



Le smart meter mesure la puissance délivrée en aval d'un point de livraison. Cet équipement permet de déduire la puissance disponible à tout instant (par la différence de la puissance souscrite) et rend possible le pilotage dynamique de la recharge au regard des activités du bâtiment. Le gestionnaire énergie peut faire le choix de modifier la recharge des véhicules au regard de son ensemble de contraintes, ou de les prioriser.

La connaissance de l'état de charge du véhicule



La connaissance de l'état de charge du véhicule est un paramètre recommandé pour le pilotage de la recharge des véhicules. Ce paramètre peut être directement récupéré auprès du constructeur automobile. A noter que d'autres données interviennent pour une recharge optimisée des véhicules telles que : l'état de santé de la batterie, le pré-conditionnement, ou encore la température de la batterie.

Le vieillissement de la batterie est un élément clef du pilotage intelligent : si le comportement de la batterie évolue de manière critique au fil du temps (variabilité de la tenue en fonction des usages, de la recharge, de la dispersion constructive), la précision du pilotage dynamique sera dégradée.

Cet équipement est recommandé, dès lors que l'organisation ne dispose pas des données précédemment citées et souhaite ne pas charger ses véhicules à 100%, ou est amenée à prioriser la recharge des véhicules les plus déchargés.

Le recours à des boîtiers permet d'approcher cette valeur:

- L'installation d'un lecteur CAN (Controller Area Network) équipé d'une carte 3G pour communiquer la valeur de cette donnée. Ces équipements restent relativement onéreux (100-300€) et demandent un coût de communication pour transporter la donnée vers un serveur.
- L'installation d'un boîtier GPS pour estimer la valeur d'état de la batterie du véhicule au regard de ses conditions d'usages, par le biais de modèles estimatifs. Plusieurs modèles expérimentaux sont en cours d'élaboration sur le marché. Le calcul peut se faire dans le boîtier embarqué, ou à distance.

13

Cahier des charges fonctionnel pour la fourniture d'électricité

Rappel des principes de la tarification de l'acheminement d'électricité en France

La tarification de l'acheminement de l'électricité en France répond à 4 grands principes :

- **La péréquation tarifaire**

Le tarif est identique sur l'ensemble du territoire national, conformément au principe d'égalité de traitement inscrit dans le Code de l'énergie.

- **Le principe du «timbre-poste»**

Le tarif est indépendant de la distance parcourue par l'énergie entre le point d'injection et le point de soutirage (soit entre le site producteur et le site consommateur).

- **La tarification en fonction de la puissance souscrite et de l'énergie soutirée**

Le tarif dépend du domaine de tension de raccordement de la puissance souscrite et des flux physiques mesurés au(x) point(s) de connexion des utilisateurs du réseau.

- **L'horosaisonnalité**

Pour certaines options tarifaires, les prix sont différenciés selon les saisons, les jours de la semaine et / ou les heures de la journée.

Depuis l'ouverture totale du marché de l'électricité en 2007, un client peut soit souscrire un contrat unique (CU) avec le fournisseur de son choix, soit être en contrat direct (contrat CARD) avec le distributeur d'électricité.

A16 *Points à instruire lors du déploiement de véhicules électriques sur un site*

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Détermination de l'abonnement électrique et de la puissance souscrite (identification de l'impact potentiel des dépassements)</p> <p>En fonction de l'abonnement, la puissance est soit contrôlée (pas de dépassement possible, disjoncteur calibré), soit surveillée (dépassement de puissance possible). Avec l'arrivée des véhicules électriques, il est nécessaire de préciser le contrat d'électricité du bâtiment et d'éviter les surcoûts récurrents du fait de dépassements de la puissance souscrite.</p>	<p>La modification d'abonnement tiendra compte des besoins des véhicules électriques et des politiques de recharge mises en place qui peuvent éviter les dépassements de la puissance souscrite par exemple.</p>
<p>Puissance de raccordement</p> <p>La puissance de raccordement liée au point de livraison définit le branchement au réseau d'électricité. Elle correspond à la puissance maximum qui peut transiter au point de livraison.</p>	<p>Si le changement de puissance souscrite implique une augmentation de la puissance de raccordement, les coûts de travaux induits peuvent être importants (modification du branchement, renforcement réseau, ...).</p>
<p>Prix de marché et tarif réglementé de vente</p> <p>Dans le cadre de l'ouverture du marché de l'électricité, fin 2015, les tarifs réglementés de vente jaunes et verts auront disparu pour laisser la place aux tarifs de marché.</p>	<p>La révision de l'abonnement électrique avec l'arrivée des véhicules électriques peut être l'occasion de comparer les tarifs réglementés de vente aux prix de marché proposés par les fournisseurs dits « alternatifs ». Ces offres de marché proposent également des services complémentaires : service de supervision des consommations d'électricité du compteur, conseils pour réduire ses consommations d'électricité...</p>
<p>Prix de marché et offres «vertes»</p> <p>Plusieurs fournisseurs d'électricité proposent des offres vertes d'électricité telles que Direct Energie, Planete Oui, Energem, Sélia, Alterna et Enercoop.</p> <p>Les principales offres vertes des fournisseurs d'électricité sont certifiées vertes par des garanties d'origine qui permettent de labelliser la production d'électricité afin de montrer au client final qu'une part ou une quantité déterminée d'électricité est d'origine renouvelable ou produite par cogénération.</p> <p>Powernext est en charge d'émettre et de suivre les garanties d'origine depuis le 1^{er} mai 2013.</p>	<p>L'électricité certifiée par des garanties d'origine est achetée sur le marché de gros. Le coût répercuté au client final reflète uniquement le coût de l'électricité sur le marché et les coûts associés aux garanties d'origine. Ce qui explique leur prix proche du tarif réglementé.</p> <p>Un seul opérateur se distingue : il passe des contrats gré à gré avec les producteurs d'électricité renouvelable et n'achète pas l'électricité sur le marché de gros directement. Cela présente l'avantage de connaître l'origine de l'électricité fournie aux clients.</p> <p>Choisir une offre verte dont le prix est proche du tarif réglementé permet de communiquer sur l'intention d'aider à la promotion des énergies renouvelables (une partie ou la totalité est reversée pour le développement des énergies renouvelables).</p> <p>La CSPE (Charges de Service Public de l'Electricité), une des taxes payées par le client final, contribue déjà, en partie, à financer leur développement.</p>

Cahier des charges des infrastructures de recharge Infrastructure «basse»

L'infrastructure dite «basse» correspond aux éléments à considérer pour l'alimentation de puissance : il s'agit de la préparation du site et des équipements techniques à considérer pour garantir la charge, qu'elle soit ou non pilotable.

La solution technique à mettre en oeuvre s'appuie sur une architecture qui prendra en compte les différentes variables ayant un impact sur les équipements déployés sur le site :

- Le nombre de véhicules électriques à déployer sur le site et à raccorder à une armoire électrique,
- Le découpage des parkings par zones,
- La distance entre le tableau général basse tension (TGBT) et les armoires électriques pour les véhicules électriques (AEVE),
- Le type de supports de distribution de l'énergie pour chaque véhicule,
- En lien avec l'infrastructure haute (voir ci-après), les solutions techniques retenues (type de prise, mode de recharge, compteur de puissance...).

Le diagnostic amont aidera à préciser ces variables.

TGBT (tableau général basse tension)

Cette armoire hébergera les départs pour les différentes «AEVE» (armoire électrique pour les véhicules électriques). Le nombre de départs sera fonction du nombre d'«AEVE». Les départs seront dimensionnés en fonction du besoin en puissance des «AEVE». S'il n'est pas possible d'installer les départs dans le TGBT existant, une extension de celui-ci sera créée à moins de 3 mètres du TGBT existant.

AEVE (armoire électrique pour les véhicules électriques)

Une «AEVE» est prévue pour desservir une zone de parking avec un certain nombre de véhicules électriques aussi appelé «grappe». Plusieurs «AEVE» peuvent être installées sur un site en fonction de la configuration des parkings du site. Les «AEVE» sont toutes basées sur le même principe de configuration et le dimensionnement sera fonction du nombre de véhicules raccordés. L'«AEVE» hébergera les équipements de têtes qui assurent la coupure d'urgence et les départs pour les différents véhicules à recharger. Les armoires électriques pourront être installées en intérieur ou en extérieur.

Flotte de moins de 3 véhicules électriques

Pour un site qui sera amené à recevoir moins de 3 véhicules électriques, il n'est pas nécessaire d'envisager l'ins-

tallation d'une armoire électrique spécifique : l'utilisation d'une armoire bâtiment existante peut suffire.

Il est important de bien identifier (par des numérotations) quel disjoncteur de l'armoire électrique des véhicules électriques est relié à quel point de charge afin de faciliter les interventions de dépannage. Après les travaux, il est impératif de mettre à jour ou de joindre le nouveau plan de l'armoire électrique VE dans l'armoire électrique principale afin de pouvoir identifier rapidement la configuration lors de travaux futurs, et d'être conforme à la réglementation.

Solutions de distribution

Les configurations des parkings ne sont pas identiques d'un site à l'autre. Plusieurs façons de garer les véhicules existent et les solutions de distribution en dépendent :

- Véhicule garé le long d'un mur sans passage entre le mur et le véhicule : prise murale,
- Véhicule garé le long d'un trottoir ou d'un quai avec un passage à l'arrière du véhicule : prise suspendue (dans ce cas la borne est murale, la fiche à connecter au VE est suspendue et maintenue à une hauteur comprise entre 2 mètres et 2,5 mètres lorsqu'elle n'est pas utilisée).
- Véhicule garé dans un parking compatible avec un potelet, une borne sur pied ou une autre solution de distribution.

Les bornes de recharge

Les bornes servent à recharger les véhicules et peuvent, selon l'architecture technique identifiée, transmettre des données de charge au système d'information.

A17

Exemple de Borne du projet Infini Drive
IEC309-2 : façade Prise mode 3 : câble
intégré à la borne (modèle cas C) Murale ou
sur pied selon les sites Connecteur du câble
principalement type 1 (côté VE)



A18

Exemple de borne du projet Infini Drive
Prise EF : latéral Prise Type 3 : façade
Murale ou sur pied selon les sites
Connecteur du câble principalement
type 1 (côté VE)



Le site est préparé en amont de la pose des bornes de recharge

Pour les architectures 2, 3 et 4 identifiées dans la partie préconisations, les bornes peuvent utiliser le mode 3 avec câble attaché à la borne tel que défini dans la norme IEC 61851. Le connecteur côté véhicule sera soit un Type 1, soit un Type 2, tel que défini dans la norme IEC 62 192-2.

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Le site sera préalablement préparé pour garantir une installation correcte et durable des équipements de charge	Travaux de Voirie et Réseaux (VRD) dans le cas de points de charge non contigus au bâtiment : <ul style="list-style-type: none"> • Installation de plots bétons pour assurer la fixation de bornes ou potences, • Installation de butées de protection pour protéger les potelets ou bornes, • Les travaux nécessaires à l'augmentation de la puissance amenée sur le site (remplacement des disjoncteurs de tête du TGBT et EDF, ainsi que les travaux connexes).

En amont de la tenue des travaux, vérifier que le prestataire s'engage afin d'en garantir le bon suivi et déroulement

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Le contrat d'installation énonce les dispositions que le prestataire devra respecter	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir la conformité des travaux et installations notamment au regard des normes électriques, • Respecter les règles d'accès, de sécurité et de secret professionnel établies par l'établissement, • Fournir et actualiser la liste des intervenants habilités, • Respecter le règlement intérieur de l'établissement, • Garantir la détention par ses personnels d'habilitations électriques en cours de validité, • Tenir à jour la documentation technique des installations modifiées, • Fournir les notes de calcul électrique des nouvelles installations, • Fournir les mises à jour des DOE (Dossier des Ouvrages Réalisés) de l'installation réalisée.
Plan de prévention local de sécurité	<p>Un plan de prévention local de sécurité sera mis en place entre le prestataire et le site faisant l'objet des travaux.</p> <p>Le prestataire intégrera le plan général de coordination de sécurité et protection de la santé (PGCSPS) en cas de travaux en cours sur l'immeuble.</p>

La sensibilité des infrastructures de recharge et des appareils embarqués nécessite une bonne connaissance de leur fonctionnement, donc une spécialisation de la profession des installateurs électriciens de bornes. La **certification des**

installateurs d'infrastructures de recharge, surtout lorsqu'ils n'en sont pas les exploitants, permet de garantir le fonctionnement et l'exploitation par la suite.

Chaque équipement constitutif du système de charge est identifié et dimensionné

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>L'objectif est de dimensionner correctement l'infrastructure et d'éviter d'avoir à refaire des travaux qui peuvent nécessiter des demandes d'autorisation, d'adapter l'abonnement électrique...</p> <p>Pour garantir la durabilité du système en place et permettre son évolution, il est nécessaire d'identifier et dimensionner les éléments constitutifs du système.</p> <p>Il s'agit d'anticiper et dimensionner précisément l'infrastructure à installer : nombre de bornes de recharges, puissance des points de charge, emplacements...</p>	<p>Les éléments suivants doivent être identifiés et dimensionnés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La protection électrique amont au niveau du TGBT, ou son extension si nécessaire, • La ou les Armoires Electriques de distribution des Véhicules Electriques (AEVE) et les liaisons entre le TGBT et les «AEVE» (un site qui ne sera pas équipé de plus de 3 véhicules électriques peut connecter les VE à son installation électrique sans création d'une AEVE spécifique), • Les solutions de distribution en fonction de la configuration du parking, • Les types de prises, • Les liaisons entre les armoires électriques des véhicules (AEVE) et les points de charge, • Les équipements nécessaires pour assurer la coupure d'urgence, • Le compteur électrique, • Le parafoudre (suivant les régions tel que décrit dans la NFC 15-100).

Garantir la sécurité du site et des installations, mesures de protection des agents :

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Le site et les installations présentent toutes les dispositions à respecter sur le plan électrique.</p>	<p>L'installation sera conforme à la norme en vigueur, l'électricien qui installe les bornes respectera les normes de sécurité en vigueur.</p> <p>A l'issue des travaux et avant toute mise en service de l'installation, il faudra demander un certificat de conformité qui sera délivré par un organisme agréé et indépendant.</p> <p>Normes et certifications :</p> <ul style="list-style-type: none"> • CEI 60 364 • CEI 61 851 (système de charge de véhicule) • CEI 62 196 (fiche, socle de prise de courant pour véhicules électriques) • NFC 15-100 (sécurité des installations électriques) • UTE C15-722 • Certification CE (type 2...) <p>Adaptabilité nécessaire aux futures évolutions techniques.</p>
<p>Même si le véhicule électrique est silencieux, la circulation sur le site ne présente pas de danger majeur.</p>	<p>Le plan de circulation du site est établi et les emplacements des véhicules électriques sont identifiés.</p>

Concernant les normes pour l'installation de bornes de charge vis-à-vis du risque incendie, il existe un «cahier des charges relatif à l'installation d'infrastructures de charge pour les véhicules électriques ou véhicules hybrides rechargeables dans les parcs de stationnement couverts recevant du public, ou intégrés à un immeuble de grande hauteur». Ce cahier des charges du 2/2/2012 porte sur un périmètre qui ne concerne pas forcément le gestionnaire de flotte (domaine privé).

Lien vers le document concerné :

http://www.interieur.gouv.fr/content/download/31175/233329/file/RA_de_la_CCS_du_2_fevrier_2012.pdf

Le matériel est économique.

Sa robustesse répond aux contraintes métier.

Les bornes de recharge sur voie publique nécessitent une certaine sophistication en terme de design proche du mobilier urbain (inox, bois, éclairage LED...), un niveau anti vandalisme très élevé, et des systèmes d'affichage ou de monétique permettant leur exploitation par un utilisateur lambda, induisant très logiquement des coûts très élevés. A contrario, les bornes de recharge pour flottes d'entreprises doivent avoir en priorité un **rapport qualité prix le plus performant possible**. Les matériaux type acier laqué ou matériaux de synthèse seront très bien adaptés pour la coque, les affichages devront être basiques (signaux lumineux) et les systèmes de paiement ou de contrôle d'accès installés seulement si besoin. Le câble attaché permet aussi un coût plus faible, une ergonomie améliorée et une plus grande longévité du système de connexion.

Besoin

La mise en oeuvre des prises est compatible avec les contraintes d'usage du site.

Le matériel est robuste et résistant à un usage professionnel et aux conditions climatiques (en extérieur).

Les bornes peuvent être installées à l'extérieur sans protection contre les intempéries.

Proposition – élément de cahier des charges

Selon l'activité, les utilisations sévères suivantes pourront être prises en considération :

- Branchements/Débranchements fréquents : 2 à 3 fois par jour,
- Positionnement à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment,
- Etanchéité à l'eau lors du chargement si positionnement à l'extérieur,
- Intégration dans les différents supports de distribution proposés,
- Adaptation aux différentes configurations de recharges.

Indice IK

L'indice IK indique le degré de résistance aux chocs, et correspond à des niveaux d'énergies d'impact exprimés en joules.

IK10

Niveau recommandé pour un milieu industriel où les bornes doivent être robustes car elles sont utilisées quotidiennement.

Indice IP

L'indice IP indique le degré de protection contre la poussière et les projections d'eau.

IP54

Niveau recommandé pour une implantation à l'extérieur, résistant aux intempéries et évitant des perturbations dues à la poussière.

S'assurer de l'évolutivité de l'équipement mis en place

Besoin

L'évolution des technologies (borne, véhicule, connectique) ou des réglementations n'oblige pas le gestionnaire de flotte à changer l'ensemble du matériel dans lequel il a pu investir.

Proposition – élément de cahier des charges

L'infrastructure basse anticipera les moyens de communication à mettre en place pour permettre l'installation d'un système de charge intelligent.

Service après-vente, garantie, maintenance curative et réparations

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Rappeler les garanties attendues	<p>Outre les garanties légales applicables, notamment pour non-conformité ou vices cachés, le fournisseur pourra garantir contre tout défaut de conception ou de fabrication (pièces et main d'oeuvre) les matériels installés, et contre tout défaut de réalisation de l'installation.</p> <p>La durée de garantie doit être précisée et commencera à compter de la réception sans réserve de l'installation.</p>
Préciser le niveau d'exigence ciblé du service après-vente	<p>Pendant la période de garantie contractuelle, le fournisseur assurera le dépannage, la réparation ou le remplacement de tout matériel défectueux sur les lieux d'installation quels qu'ils soient, le coût des pièces, et tous les frais de main d'oeuvre et déplacements étant à sa charge au titre de la garantie.</p> <p>Le fournisseur veillera à ce que tout matériel installé en remplacement d'un matériel défectueux corresponde à celui référencé et respecte les normes et réglementations en vigueur lors de son installation, notamment celles liées à la protection de la santé des personnes et de l'environnement.</p>
Instaurer avec le fournisseur une maintenance préventive pour éviter des réparations imprévues	La maintenance préventive de l'ensemble des équipements de l'infrastructure haute du site concerné permettra d'identifier l'usure des câbles, des bornes ou la défaillance de certains équipements (par exemple : témoin qui ne s'allume plus).
Selon le besoin du gestionnaire de flotte, il peut être nécessaire de garantir la continuité d'activité pendant d'éventuelles réparations	En plus de garantie de délais d'intervention ou de remise en service, dans le cas où l'équipement fera l'objet d'une réparation, le gestionnaire de flotte peut demander au fournisseur de s'engager à fournir un équipement de prêt de performance équivalente pendant la durée de réparation (entre l'enlèvement de l'équipement sur site et sa réinstallation complète après réparation sur site).

Cahier des charges de la gestion intelligente de la recharge Infrastructure «haute»

A l'exception de l'architecture 1 présentée dans les préconisations, les architectures techniques 2, 3 et 4 peuvent être adaptées à cette considération d'infrastructure « haute ».

L'infrastructure dite haute correspond aux éléments à considérer pour permettre l'intelligence de pilotage de la recharge. L'infrastructure basse précisée précédemment peut être complétée par des équipements spécifiques de mesure, de communication (points de charge mode 3) ou de pilotage de la recharge (automates de gestion, organes de commande automatique ou manuelle).

Le système d'information associé est également complété et permettra la compréhension, le suivi et le pilotage de l'infrastructure. Les infrastructures hautes et basses ne sont pas indépendantes : l'infrastructure basse tient compte des besoins de l'infrastructure haute.

La fonction première demandée dans le cadre de la gestion de l'énergie est la possibilité d'agir sur la recharge des VE pour éviter les disjonctions, ou dépassements de la capacité électrique du site. Pour cela, le prestataire proposera de mettre en oeuvre :

- Des capteurs d'intensité au niveau de l'arrivée d'énergie,
- Une modulation du courant de charge indépendante sur chaque VE pour éviter le déclenchement du disjoncteur général. Cette modulation peut varier de 0 A à 16 A pour une recharge normale.

Il pourra être proposé un logiciel de gestion et suivi installé sur micro-ordinateur ou accessible via navigateur WEB. L'outil mis à disposition pourra permettre de :

- Définir les politiques de charge (pour chaque VE : les plages horaires de charge et l'intensité délivrée),
- Gérer les VE prioritaires pour le processus de charge,
- Définir les VE qui doivent être rechargés le midi, ou à toute heure particulière demandée pour un usage déterminé, et si possible le taux de charge à atteindre,
- Visualiser l'état de charge de chaque véhicule (connecté, en charge, chargé, en défaut),
- L'envoi par mail ou SMS de messages d'alerte en cas de dysfonctionnement,
- Comptabiliser individuellement l'énergie consommée par chaque VE,
- Afficher une fenêtre qui mette en évidence les VE en défaut (disjonction, prise mal branchée).

La mise à jour de ce logiciel devra pouvoir être faite automatiquement par le réseau.

Identifier le mode de transmission des données

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Permettre la transmission des données entre les différents éléments du système mis en place	La liaison entre les bornes et le système de pilotage peut se faire par réseau filaire ou ondes radio .

Pour un système complet permettant l'application de consignes de charges particulières, il est important d'informer et éventuellement alerter l'agent ou le gestionnaire de la flotte. L'information sur l'état de charge devient un élément de contrôle du bon fonctionnement du système. Les indications remontées concernent l'affichage ou le code couleur des LED

sur les bornes de recharge pour l'**état de la charge**, ainsi que les informations remontées sur les outils de gestion de la charge (exemple : écran affichant l'état de fonctionnement de l'ensemble des bornes d'un site). **Les qualifications et codes utilisés doivent être cohérents et conformes aux futurs standards en cours de définition (OCPP, 15118...).**

Echange de données : à propos de l'interopérabilité

Afin d'optimiser le système de recharge dans sa globalité pour des flottes de véhicules électriques relativement conséquentes, une communication est nécessaire entre le véhicule, la borne de recharge et le système de supervision. Alors que les normes sur les prises (type 1, 2, 3) sont maintenant acquises, ce n'est pas encore le cas des protocoles d'échanges entre le véhicule et la borne puis entre la borne et le système de supervision.

Les normes de communication entre le véhicule et la borne de recharge sont utiles pour récupérer des informations du véhicule et en piloter la recharge :

- Le mode 3 (IEC 61 851) permet à la borne de préciser l'intensité (et donc la puissance) qui sera délivrée au véhicule, c'est donc la base pour une infrastructure intelligente.
- En complément, la norme 15 118 permettra à terme d'échanger beaucoup plus d'informations entre le véhicule et la borne par le câble de recharge (tel que l'identifiant véhicule, les kilomètres parcourus...) mais ne permettra pas de remonter le SoC du véhicule qu'il faudra récupérer par un autre moyen.
- Ces normes encadrent les échanges uniquement par le câble de recharge.

Les normes de communication entre la borne de recharge et le système de supervision servent à mettre à disposition d'un groupe d'utilisateurs les données, et à piloter la recharge de plusieurs véhicules :

- La norme OCPP dans une nouvelle version 2.0 permet une interopérabilité entre plusieurs bornes compatibles OCPP et un système de supervision unique, à l'échelle d'un établissement dans le cadre d'une flotte de véhicules.
- Pour une flotte de véhicules répartie sur plusieurs sites de l'entreprise, remonter les données dans un cloud peut s'avérer intéressant.
- Une liaison sans fil permet une plus grande évolutivité, de préférence en Wifi (lien avec le réseau de l'entreprise).
- La gestion d'un mode dégradé est importante afin d'avoir des bornes fonctionnelles en cas de panne de communication entre la borne et le système de supervision.

Le véhicule électrique et la borne de recharge s'inscrivent dans un contexte encore plus large qui concerne le bâtiment et le réseau électrique. Leur prise en compte favorisera des échanges encore plus importants nécessaires à l'optimisation du dispositif.

Les indications des bornes doivent favoriser la bonne compréhension de l'état de charge

La programmation de la charge peut faire que le véhicule ne se chargera pas dès qu'il sera branché. Au moment du branchement, il est donc primordial de rassurer le chauffeur sur le bon branchement du véhicule. Le signal bleu foncé ou bleu « respirant » peut indiquer au chauffeur que le véhicule est correctement connecté.

Signal respirant

Un signal respirant affiche une couleur avec une variation graduelle de l'intensité lumineuse : plus ou moins lumineux à un rythme assez lent. Cette respiration est intéressante pour indiquer qu'il se passe quelque chose et que c'est normal sans pour autant être anxieux ou attirer l'attention comme peut le faire un signal clignotant.

Affichage borne (LED)	Signification indiquée sur l'ordinateur de contrôle	Commentaires
LIBRE Signal vert	 Libre	Borne libre et opérationnelle. Précision : si un véhicule se branche en mode 2 sur la prise E/F, l'affichage doit passer en bleu comme cela est le cas lors d'un branchement mode 3. Sur le PC de supervision, on voit que la borne est en charge grâce à la vision de l'intensité.
CHARGÉ Signal vert respirant	 Chargé	Fait suite au signal bleu respirant (charge du véhicule) Le véhicule a été correctement branché et a reçu une certaine charge non nulle (état passé), il ne demande plus d'énergie et peut être considéré comme chargé.
CONNECTÉE Signal bleu foncé	 En attente  Véhicule connecté	Le véhicule est branché et demande de l'énergie mais la recharge n'est pas autorisée à cette période (souvent car elle n'est ni économique ni écologique ni nécessaire). Information intéressante pour l'agent qui n'est pas forcément informé du planning de charge programmé : le fait que le VE soit «en attente de charge» prouve qu'il est bien branché. Attention (cas à préciser si possible en anomalie) : si un véhicule a besoin d'énergie et qu'il n'est ni en charge ni en attente de charge alors il est probablement mal branché.
EN CHARGE Signal bleu clair respirant	 En charge	Le véhicule est en charge
DÉSACTIVÉE Signal violet	 Désactivée	La borne est consignée : pour des raisons de maintenance ou suite à une désactivation volontaire.
EN DÉFAUT Signal rouge fixe ou clignotant	 En panne	La borne est en défaut. En cas de clignotement, il est recommandé à l'utilisateur d'abaisser le disjoncteur (personne habilitée).
Aucun affichage (LED Éteintes)	 Indéfini	La borne n'est plus alimentée ou La borne ne communique plus avec le système d'information (anomalie de communication ou anomalie matériel sur les équipements du système mis en place)

Selon leurs besoins, l'entreprise et la collectivité disposeront d'informations de suivi ou de pilotage nécessaires au bon déroulement des prestations.

Un système élaboré peut mettre à disposition des fonctions de suivi et de pilotage qui dépendent du profil du destinataire concerné :

Nature	Besoin / fonctionnalité	Profil - type d'activité	Intérêt
Information et mesure	Voir en temps-réel l'état des bornes (utilisées, libres, en défaut)	Métier - activité	Pouvoir vérifier que les véhicules sont bien branchés
		Maintenance - réparation	Vérifier que les bornes sont bien opérationnelles et mener un diagnostic en cas de dysfonctionnement
		Agent - utilisateur	Pouvoir vérifier l'état de la borne avant branchement
	Voir en temps-réel les consommations énergétiques des équipements mesurés	Métier - activité	Vérifier que les VE branchés en mode 2 sont bien en charge (manager ou personne qui fait le tour des véhicules pour vérifier leur état...)
		Energie - bâtiment	Offrir une vision temps réel sur les puissances appelées (et impact économique et environnemental de la charge)
	Voir en temps-réel l'utilisation des VE	Métier - activité	Offrir une vision temps réel ainsi qu'un historique sur le taux d'utilisation des VE
	Disposer de l'ensemble des données de fonctionnement (reporting Excel)	Métier - activité	Fournir une vision globale (mensuelle, trimestrielle, annuelle) et précise sur le taux d'utilisation des VE
		Energie - bâtiment	Responsable énergie : avoir une vision globale (mensuelle, trimestrielle, annuelle) et précise sur les consommations, afin d'évaluer l'impact économique et environnemental des bornes de recharge et prendre les décisions en conséquence.
		Métier - activité	Disposer des données sur lesquelles s'appuyer pour définir des objectifs opérationnels, communiquer sur les économies en termes d'émissions de CO ₂ évitées et en termes de recharge non carbonnée.
	Détecter une anomalie et alerter le gestionnaire de flotte (via SMS/email, en cas de panne de courant, panne de communication, mauvais branchement)	Maintenance - réparation	Alerter (sans sur-alerter) pour permettre une intervention rapide en cas de dysfonctionnement et garantir la continuité d'activité
Pilotage de la recharge	Piloter la charge et appliquer une politique de charge générale : activation d'une programmation de la charge des VE	Energie - bâtiment	Minimiser les appels de puissance / minimiser l'impact économique et écologique des bornes.
		Métier - activité	Pouvoir fixer des objectifs chiffrés et les suivre (aspects liés à l'activité, indicateurs économiques et environnementaux)
		Métier - activité	Vérifier que les VE sont bien branchés grâce à l'indication «en attente de charge»
	Piloter la charge et rétablir la situation en cas de défaillance ponctuelle de la communication : les bornes appliquent la programmation de façon autonome	Energie - bâtiment	Minimiser l'impact économique et écologique des bornes en toute tranquillité, en cas de perte de communication des éléments du dispositif de recharge.
		Reprendre le contrôle des bornes à distance en cas de besoin ponctuel de charge hors périodes autorisées	Métier - activité
	Energie - bâtiment		Eviter un déplacement et une action dans l'armoire électrique (praticité et sécurité)
	Métier - activité		Libérer uniquement la recharge du VE en question sans être obligé de libérer tout une grappe de bornes (et son pic de puissance)
	Moduler à distance l'intensité des bornes, mise en off/on des bornes	Energie - bâtiment	Permettre la reprise du contrôle de la modulation de l'intensité par borne en cas de besoin
		Maintenance - réparation	Pouvoir désactiver de façon temporaire une borne en cas de besoin

Garantir l'évolutivité du système mis en place

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>L'évolution des technologies (borne, véhicule, connectique) ou des réglementations n'oblige pas le gestionnaire de flotte à changer l'ensemble du matériel dans lequel il a pu investir.</p>	<p>L'installation mise en place sera compatible avec la 15118 et OCPP dans sa version la plus récente.</p>
<p>Pour un site donné, il peut y avoir de multiples équipements électriques. Il est important de pouvoir mesurer les puissances appelées, afin de pouvoir éviter les dépassements.</p> <p>Un compteur permet la mise en oeuvre des politiques de charge dynamiques : la puissance maximum allouée aux bornes de recharge à un instant t est calculée en temps réel grâce au renseignement préalable de la puissance souscrite et grâce à la mesure de la puissance utilisée par le reste des installations électriques du bâtiment.</p> <p>La gestion dynamique de la charge des véhicules électriques permet d'éviter les dépassements de puissance souscrite, ou disjonction, tout en respectant les impératifs de recharge à une certaine heure.</p>	<p>L'équipement à mettre en place remplira les fonctions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesure des consommations électriques instantanées de l'installation (installation d'un compteur électrique sur rail DIN dans les armoires électriques si possible au plus près du compteur EDF). • Communication des informations de télé-relevé et des consommations de puissance au système central • Contrôle du profil de consommation électrique de l'installation • Mise à disposition d'un système de gestion dynamique de la puissance appelée disponible pour la charge des véhicules

16 Cahier des charges véhicules

Ce cahier des charges rassemble les éléments qui ressortent des retours d'expérience du projet. Ils ne s'attachent pas uniquement au véhicule (technique, maintenance, assistance) mais concernent également son utilisation (optimisation de l'autonomie par exemple).

Rassurer l'agent sur la recharge et le rassurer sur la disponibilité des services de dépannage et de maintenance

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
L'agent sera rassuré par l'accès facilité à un service de dépannage, notamment en situation de panne sèche.	En cas de panne sèche, le service constructeur permettra une intervention en moins d'une heure. L'agent doit avoir à sa disposition les coordonnées du service de dépannage.
L'agent sera rassuré par la possibilité d'accéder à un service de charge extérieur à son organisation.	L'agent pourra disposer dans le véhicule d'une liste des bornes de recharge extérieures. Les modalités de charge à l'extérieur pourront être anticipées (carte d'accès...) Il est recommandé d'équiper le véhicule d'un câble de charge qui permet la connexion à une borne de recharge extérieure au site.
Accès aux services de maintenance en cas d'anomalie.	Plus largement, par rapport au périmètre d'activité de l'entreprise ou de la collectivité concernée, le maillage du réseau de maintenance sera suffisant pour répondre aux besoins : densité du réseau sur la zone considérée (moins de X minutes ou moins de Y km), niveau de disponibilité de l'assistance (24h/24 ? semaine et week-end ?), précision d'un délai maximum d'intervention, précision de délais maximum d'immobilisation ou de mise à disposition d'un véhicule relais. La disponibilité du réseau de maintenance peut influencer sur l'affectation des véhicules.

L'ergonomie du branchement

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Le véhicule est stationné en marche arrière. L'agent peut brancher facilement son véhicule.	L'ergonomie pour le branchement du câble sera conforme aux prescriptions du code de la route : le véhicule se gare en marche arrière alors qu'aujourd'hui, le câble du véhicule se branche à l'avant. Les constructeurs pourraient proposer l'installation d'une prise de charge à l'arrière ou a minima sur le côté du véhicule.

Garantir la sécurité et prévenir les risques de dysfonctionnement

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Couvrir les risques liés à la marche arrière.	Proposer un radar de recul ou éventuellement une caméra de recul (mais les images sont mauvaises en cas de marche arrière de nuit). Attention, l'utilisation des ampoules sonores est à éviter car elles sont réservées réglementairement aux véhicules de chantier. De plus, les normes sur les véhicules de livraison vont plutôt dans le sens de la réduction des émissions sonores.

Disposer d'informations ou précisions sur le véhicule et la batterie aide à la gestion intelligente de la charge

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Connaître le niveau de charge de la batterie (SoC) rassure le chauffeur et surtout, peut aider à l'optimisation du pilotage de la recharge.	Le constructeur pourrait proposer la mise à disposition, en temps réel ou au retour de tournée, du paramètre SoC du véhicule.
L'expérience a montré que la charge se faisait selon certains paliers. Pour fiabiliser la charge et l'optimiser, le gestionnaire de flotte sera informé des paliers de charge des véhicules (batteries) qu'il utilise.	Le constructeur pourrait mettre à disposition, pour les véhicules/batteries concernées, les différents paliers en intensité qui seront admis selon une tension donnée .
Précisions indispensables pour comprendre et prévenir certains évènements.	Toute restriction d'usage sera précisée dans les documents techniques fournis avec le véhicule. Il a été remarqué que certains véhicules n'avaient pas été chargés dans certaines situations (température <0°C). Le BMS ne permettrait pas la charge de la batterie. Cette information sera précisée et clairement affichée car certains gestionnaires de flotte peuvent rencontrer cette difficulté (hangar non chauffé en montagne, parking extérieur...). Pour améliorer la durée de vie de la batterie, garantir la bonne charge du véhicule, il peut être intéressant d'intégrer les différentes contraintes précisées aux modalités de charge. Il est profitable pour la bonne compréhension et la bonne gestion du système de demander que le paramètre SoH soit mis à disposition du gestionnaire.

Optimiser l'autonomie

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Chauffage : limiter l'impact du chauffage électrique sur l'autonomie.</p>	<p>L'option d'une séparation physique et étanche entre la zone chauffeur et la zone utilitaire permet de limiter le volume à chauffer (même si certains retours d'expérience critiquent cette séparation qui en cas de fortes chaleurs induit un inconfort car elle empêche la ventilation de l'habitacle).</p> <p>Pour le confort du chauffeur, certaines options moins consommatrices peuvent suffire comme le chauffage au volant ou le chauffage aux pieds.</p> <p>Certains systèmes comme par exemple la pompe à chaleur peuvent s'avérer intéressants pour le véhicule électrique.</p> <p>En dernier recours, la question du chauffage thermique additionnel peut se poser. Décider ou non d'utiliser un chauffage additionnel doit se faire en connaissance de cause.</p> <p>Pour les véhicules qui en disposent, le chauffage additionnel sera déclenché par défaut en lieu et place du chauffage sur batterie.</p>
<p>Modes de conduite : limiter l'impact du mode de conduite sur l'autonomie sans affecter les besoins métiers.</p>	<p>Proposer des possibilités de paramétrage du couple (selon vitesse, à la main du gestionnaire de flotte) ou bridage du véhicule. L'objectif est d'être plus fin dans les utilisations.</p> <p>Autre possibilité : multiplier les modes selon les souhaits des gestionnaires : mode éco, éco-pro...</p>
<p>Autonomie : afficher une autonomie restante qui prend en compte la consommation et le comportement du chauffeur.</p> <p>Point d'attention : l'utilisateur peut considérer l'affichage comme non fiable quand il est basé sur un kilométrage qui ne correspond pas à ses usages (l'indicateur d'autonomie se base sur les 30 derniers km parcourus pour la Kangoo ZE).</p>	<p>Il doit être possible de paramétrer la distance qui caractérise les tournées pour calculer l'autonomie (ex. calcul sur les 30 derniers km parcourus).</p> <p>Une autre approche serait de mettre à disposition différentes mesures de consommation (comme sur les véhicules thermiques) :</p> <ul style="list-style-type: none">• Moyenne de consommation depuis la dernière charge, remise à zéro à chaque nouveau branchement (peut s'apparenter à une consommation « chauffeur »),• Moyenne de consommation sur une distance plus importante, par exemple les 200/400 derniers km (peut s'apparenter à une consommation « véhicule »),• Consommation instantanée. <p>A défaut de ces options, à chaque changement de chauffeur, il sera conseillé de mettre à zéro le calcul de l'estimation d'autonomie restante.</p>

Garantir la sécurité et prévenir les risques de dysfonctionnement

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Le coût du loyer batterie n'est pas négligeable car il est le deuxième poste de coût des véhicules électriques et représente entre 14% et 18% du TCO. Ce poste de coût, aujourd'hui fixé pour un véhicule Kangoo ZE à environ 79 €/mois pour un kilométrage jusqu'à 15 000 km/an, est certainement à adapter aux usages, et donc à faire passer en coût variable si un loyer adapté est proposé par les constructeurs.</p> <p>En considérant que le coût du gasoil pour réaliser une distance de 1 km est de 0,13 €, on peut estimer que le coût de la batterie (sans prendre en compte ni l'énergie, ni l'infrastructure) pourrait rester en dessous de ce coût pour que le véhicule électrique soit économiquement viable. Actuellement, avec les prix affichés, cela donne un minimum de 7 000 km/an sur un contrat de 36 mois. En dessous de ce kilométrage il est difficile aujourd'hui, avec les loyers batterie proposés, de rentabiliser l'investissement du véhicule électrique.</p>	<p>Mettre à disposition une offre avec un loyer batterie inférieur à 79 €/mois pour les plus petits rouleurs.</p>

Garantir la sécurité et prévenir les risques de dysfonctionnement

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Dans certains cas, il peut être intéressant, afin de déterminer finement les besoins en charge, d'équiper les véhicules avec des boîtiers remontant des informations sur le véhicule. Ces informations peuvent avoir un lien avec le chauffeur : le gestionnaire de flotte informera les agents et s'assurera que ces remontées ne portent pas atteinte à leurs droits («informatique et liberté»).</p> <p>Dans le cadre du projet Infini Drive, les données techniques (charge des batteries) et métier (charge de travail, activité) ont été récoltées pour être utilisées dans les algorithmes d'optimisation de la charge des véhicules.</p> <p>En fonction des usages modélisés et des prestations à venir, les données récupérées ont permis de calibrer et adapter le modèle en fonction de l'état réel de charge des véhicules afin qu'une consigne de charge adaptée soit programmée.</p>	<p>Les éléments remontés sont à identifier et préciser. Il s'agira en général du suivi géolocalisé du parcours de l'agent avec identification individuelle : ce point sera argumenté.</p> <p>Le correspondant informatique et liberté, s'il existe, sera informé et une déclaration de traitement sera adressée à la CNIL. Il peut également être nécessaire d'informer ou consulter les instances représentatives du personnel.</p> <p>En plus de l'explication sur la raison de collecte des données, l'information remontée sera expliquée :</p> <ul style="list-style-type: none">• Quelles données sont remontées, à quel rythme ?• Quel est l'objectif de cette remontée ?• Qui est concerné ?• Où sont hébergées les informations ? Sont-elles transmises à d'autres entités ou échangées avec d'autres systèmes ?• L'accès à l'information est-il sécurisé ?• Comment les données sont-elles récupérées ?

17

Cahier des charges «accompagnement au changement»

Pour les entreprises ou collectivités qui souhaitent accompagner les utilisateurs et les managers, le cahier des charges

consiste à proposer trois moments de sensibilisation hautement spécialisés.

1^{ère} étape : dispenser un temps dédié à la prise en main du VE

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>Au plus pressé, le premier contact permettra d'aborder un minimum de points pour ne pas risquer un rejet du véhicule électrique.</p>	<p>Points indispensables à évoquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eléments de contexte : précisions sur les enjeux liés au véhicule électrique (polluants locaux, image de l'entreprise, coût d'utilisation), • Eléments de sécurité : attention à accorder au silence du véhicule (piétons, cyclistes), • Eléments techniques et de performance : précisions sur la performance du véhicule, notamment pour la conduite (démarrage en côte, récupération d'énergie au freinage, autonomie), • Eléments d'ergonomie pour la recharge : explication du fonctionnement de la charge : <ul style="list-style-type: none"> • Explication du branchement du véhicule et de la connectique en général, • Réflexe de branchement systématique du véhicule dès lors qu'on le quitte. La mise en recharge devient un réflexe comme le bouclage de la ceinture. <p>Autres points à aborder pour favoriser une meilleure appropriation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inducteurs de l'autonomie, • Fonctionnement de la recharge, • Consommation du VE, • Comportement en cas de panne sèche.

2^{ème} étape : proposer une explication du principe de fonctionnement des bornes intelligentes

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
<p>A un stade plus avancé, l'utilisateur gagnera à en savoir plus sur l'infrastructure de recharge qu'il utilise quotidiennement et dont le fonctionnement n'est pas directement lisible ou compréhensible.</p>	<p>Elle peut être faite par le fournisseur des bornes par exemple, avec démonstration, rappel des différences entre prise standard, prise industrielle et prise permettant une recharge intelligente/programmée.</p> <p>Ce point est capital, notre expérimentation a montré une appropriation lente de l'information sur le couple borne-batterie. Pour rappel, cette difficulté d'apprentissage était liée à l'usage des batteries de certains téléphones portables ou autres appareils électroniques (l'utilisateur ne veut pas recharger si la batterie n'est pas déchargée...). Ou encore, à l'objet « bornes intelligentes » vu comme un objet étrange voire menaçant (qui me surveille, qui décide à ma place...), en tous cas, inintelligible.</p>

2^{ème} étape : proposer une explication du principe de fonctionnement des bornes intelligentes

Besoin	Proposition – élément de cahier des charges
Mettre à disposition une information claire et partagée, pour continuer à informer et sensibiliser les salariés	<p>Il s'agit de prévoir des e-learning ou au moins des informations (diaporama) au sujet des VE-bornes accessibles à tout salarié qui en sentirait le besoin (absent durant les formations/prises en main ou oubli d'informations).</p> <p>On peut envisager de proposer systématiquement un module d'intégration / formation spécifique VE/développement durable/innovation pour tout nouvel arrivant.</p>

18 Fonctionnement de l'accès à la donnée "SoC"

L'accès à l'état de charge du véhicule (SoC) ouvre certaines possibilités pour le pilotage de la recharge. Ne pas en disposer pénalise la précision des prévisions du niveau de charge nécessaire (suite à la prestation réalisée et en prévision de la prestation à venir). L'absence de connaissance du SoC affecte l'intelligence de charge et induit la prise de marges de sécurité supplémentaires. La connaissance du SoC du VE peut être remplacée par un calcul et des boîtiers. Cette solution, techniquement analogue, est plus complexe et plus chère.

Le principal frein au VE est le paramètre « autonomie ». L'affichage « km restants » fourni par le tableau de bord est sujet à caution car il dépend de contextes d'utilisation mal maîtrisés par les utilisateurs (en effet on ne connaît pas précisément la méthode de calcul de l'algorithme associé, l'historique de conduite pas toujours approprié...). La connaissance du SoC réel permettrait aussi de connaître comment est calculé le delta entre le SoC effectif et l'affichage du tableau de bord pour défaire les a priori et rassurer les utilisateurs.

L'estimation du SoC est possible

Le niveau actuel du SoC en retour de tournée peut être facilement déterminé si le constructeur du véhicule le communique. En effet, les constructeurs utilisent des méthodes dédiées pour l'estimation du niveau de SoC en fonction de différents paramètres. Les principales méthodes issues de la littérature sont :

- les méthodes chimiques (basées sur la pesanteur spécifique du pH de l'électrolyte),
- les méthodes basées sur le voltage (à partir de la tension mesurée sur la batterie),

- les méthodes d'intégration du courant (à partir de l'intensité et de la tension mesurées à chaque instant sur la batterie),
- les méthodes basées sur la pression interne de la batterie (sur certains types de batteries, la pression interne de la batterie augmente lorsqu'elle est chargée).

Les constructeurs aujourd'hui ne donnent pas accès à l'information du SoC calculé par leur méthode dédiée.

Dans le cadre du projet Infini Drive, une méthode alternative d'estimation du SoC à partir des données accessibles a été développée. Il s'agit d'un modèle analytique basé sur l'intégration des forces le long du parcours qui utilise le principe fondamental de la dynamique. Les résultats du modèle analytique ont été comparés à des relevés de SoC sur plusieurs tournées (sur les sites de Nantes Eraudière et Grenoble Eybens) pour validation. Le modèle donne d'excellents résultats sur les tournées testées.

Cette estimation du SoC permet de pallier l'absence d'information du constructeur en utilisant une méthode non intrusive et relativement simple (utilisation d'un capteur GPS qui capte la position à la seconde, dont l'altitude). Cependant **il apparaît primordial que les constructeurs «ouvrent» l'accès à la donnée SoC** car ils sont les plus à même de fournir une donnée fiable, nécessaire à une recharge intelligente et efficace des véhicules électriques.

Fonctionnement de la charge du véhicule

Dans le cas d'une location de la batterie, un contrat de location avec le constructeur est établi : le risque est porté par le constructeur mais le contrat mentionne une gestion raisonnable (« en bon père de famille »). Une valeur de charge garantie est mentionnée dans le contrat. En l'absence de retour d'expérience significatif, un principe de précaution pourra être appliqué, visant à minimiser le nombre de cycle de recharge. Recherche de transparence : si le fournisseur de batterie transmet un cahier des charges détaillé pour préciser l'utilisation de la batterie (restrictions de charge), alors le pilotage de la recharge pourra intégrer ces contraintes et favoriser l'allongement de la durée de vie de la batterie. L'intelligence pourra aller au service de la prolongation de la durée de vie de la batterie. Les paliers de charge utilisés gagneraient à être partagés pour permettre un pilotage plus fin de la recharge.

Aujourd'hui, les algorithmes développés et le système mis en place permettent de limiter la charge hachée et limitent chaque période à 3 cycles de charge.

Trop de contraintes nuisent à l'intelligence de charge. Si la charge présente trop de contraintes ou des contraintes peu claires sur le bon fonctionnement, il risque d'être plus difficile de trouver des solutions convergentes d'optimisation de charge par les algorithmes.

Actuellement, chaque constructeur, en fonction des technologies employées pour la construction du pack batterie, émet des recommandations de bon usage du véhicule.

Les recommandations des constructeurs peuvent être de plusieurs ordres : éviter les décharges trop profondes (i.e. sous un certain seuil de SoC, par exemple 20%), éviter des recharges trop fréquentes à 100% de SoC, limiter le nombre de « biberonnages » (charges incomplètes) successifs... Les constructeurs préconisent d'ailleurs de rester le plus souvent dans la plage 30%-80% avec une recharge complète par semaine. La stratégie de recharge pourrait être optimisée entre les contraintes opérationnelles de la semaine et les larges possibilités de recharge offertes le week-end.

La technologie de la batterie est également importante : certains véhicules nécessitent de maintenir la batterie à une température de fonctionnement fixée, d'autres doivent maintenir des échanges chimiques même faibles pour éviter toute dégradation de performance.

Certaines technologies seront plus sensibles à l'impact de la température extérieure : une température de la batterie proche de zéro degré peut empêcher le démarrage de la charge (c'est la raison pour laquelle certains constructeurs intègrent des solutions pour maintenir la batterie dans des conditions de température favorables), dans ce cas une autre stratégie de recharge peut être proposée en hiver par exemple en démarquant la recharge, même très lentement, dès le retour du véhicule. A l'opposé, des températures extérieures trop élevées risquent de dégrader prématurément certaines technologies de batteries.

Une connaissance approfondie du fonctionnement de chaque véhicule est donc importante pour la maximisation de la recharge intelligente et pour fournir des plannings de charge compatibles avec les préconisations constructeurs.

Mesures réalisées dans le cadre du projet sur les télé-valeurs de consignes

Une information utile au fonctionnement du système de charge développé est la connaissance de l'état de charge du véhicule électrique. Or, dans le mode 3 de recharge, il est possible d'utiliser la borne de recharge pour indiquer au VE l'intensité maximale du courant de charge, appelée télé-valeur de consigne (TVC).

Il a été envisagé d'utiliser la TVC indiquée par le système de recharge afin de calculer l'énergie accumulée dans la batterie au cours de la recharge. Cette méthode entraîne une erreur car le courant réellement consommé par le VE est inférieur à la TVC.

Des mesures simples ont été effectuées pour connaître l'écart entre les télé-valeurs de consigne en mode 3 et les valeurs réelles et ainsi pouvoir quantifier l'erreur faite en utilisant cette méthode, en juin et juillet 2013, sur un véhicule donné. Les essais effectués permettent d'identifier des paliers de charge pour le véhicule considéré, relativement indépendants de la tension délivrée, et toujours inférieurs aux courants de consigne du véhicule. Pour le véhicule considéré, les valeurs du courant consommé se sont échelonnées sur sept paliers différents. De façon générale, il a été constaté que le courant de charge du véhicule a tendance à diminuer légèrement lorsque la tension augmente. Dans tous les cas, le courant consommé est inférieur ou égal à la consigne.

Si l'écart entre courant de consigne et courant consommé n'est pas pris en compte, les calculs de l'état de charge des batteries utilisant le courant de consigne surestiment l'état de charge réel.

Par ailleurs, lors du calcul de l'énergie chargée dans la batterie, il est nécessaire de prendre en compte les pertes d'énergie sous forme de chaleur dans le chargeur, ainsi que les pertes dans la batterie elle-même.

Pour fiabiliser la charge et l'optimiser, le gestionnaire de flotte gagnerait à être informé des paliers de charge des véhicules qu'il utilise.

Piloter la charge depuis la borne

La norme de référence IEC 61851-1, dans le cas de la charge pilotée (dite « Charge Mode 3 » ou « avec signal pilote PWM ») impose au chargeur du véhicule de se conformer à une consigne (courant maximum à ne pas dépasser) délivrée par la borne de recharge (IRVE).

Les véhicules électriques sont équipés d'un système de gestion de la batterie (BMS - battery management system). Celui-ci a plusieurs fonctions :

- surveiller l'état de différents éléments de la batterie, tels que tension, température, état de charge (SoC), état de santé (SoH), courant...
- protéger sa batterie en l'empêchant de fonctionner en dehors de sa plage de fonctionnement,
- Veiller activement à l'équilibrage des charges de toutes les cellules de la batterie.

Le BMS peut donc être amené à moduler la charge batterie. Un BMS qui répond à la norme « Mode 3 » ne dépasse jamais la consigne donnée par l'IRVE. En revanche, il peut être bien en dessous de la consigne donnée côté IRVE. Ce point peut être délicat en cas de pilotage intelligent de recharges multi-véhicules sur un site où des consignes de puissance sont données par des signaux en amont de l'IRVE. En effet, il devient impossible pour l'IRVE d'anticiper et donc de planifier finement les recharges.

A l'exception d'événements liés à la sécurité (ou pérennité) des éléments batteries, il serait souhaitable que le BMS suive au plus près la consigne de puissance « Mode 3 » (ou autres) indiquée par la borne, en particulier dans le cas de mise en place d'une politique de charge des VE. Les cas pour lesquels l'application des consignes n'est pas possible (sécurité) gagneraient à être spécifiés pour être intégrés dans les algorithmes de recharge.

Crédits

1

Les partenaires du projet Infini Drive

GREENOVIA

www.greenovia.fr

GREENOVIA (filiale à 100% du Groupe LA POSTE) est spécialisé dans les Diagnostics & Solutions d'écomobilité pour les entreprises et les collectivités. Greenovia apporte son expertise pour des projets innovants de mobilité et de transports, de déploiement et management de flottes de véhicules et de management de nouveaux services de mobilité.

Coordinateur du projet Infini Drive, Greenovia assure le pilotage des différents travaux et des partenaires. Greenovia apporte ses méthodes de gestion de projet innovant et ses savoir-faire sur le transport et la mobilité, avec la réalisation d'études sur l'écosystème de données et le marché, et d'études prospectives sur l'énergie, le marché de l'électricité et l'élaboration de bilans environnementaux de la mobilité. Greenovia a rédigé la synthèse du projet.

LE GROUPE LA POSTE

www.laposte.fr

Société anonyme à capitaux 100 % publics depuis le 1er mars 2010, La Poste est un modèle original de groupe multi-métiers. En 2013, le groupe La Poste a réalisé un chiffre d'affaires de 22 milliards d'euros.

Après avoir piloté le groupement de commande de véhicules électriques qui a permis d'amorcer l'émergence du marché en France, et après avoir piloté le groupe de travail « expérimentations des infrastructures de charge pour véhicules décarbonés » à la demande du Gouvernement, Le Groupe La Poste poursuit son engagement en faveur de la mobilité durable en apportant à ce projet toute son expérience dans le domaine de la gestion de flottes durables.

Le groupe La Poste a engagé dès 2006 une politique de transports propres visant à réduire ses émissions de CO₂. A ce titre, différents axes de réductions ont été structurés dont celui du déploiement de véhicules moins carbonés.

Le groupe La Poste a initié dès 2011 un déploiement massif de voitures électriques. Pour La Poste, le véhicule électrique

est un outil accepté et en phase d'appropriation. Certains sites postaux ont même fait le choix du « tout électrique » avec une densification à 100% de véhicules électriques.

ERDF

www.erdf.fr

ERDF - Electricité Réseau Distribution France - créée le 1er janvier 2008, est le gestionnaire des réseaux de distribution d'électricité pour 95% du territoire métropolitain. L'entreprise, qui emploie 35 000 salariés, assure l'exploitation, le développement et l'entretien de 1,3 million de km de lignes électriques au service de 35 millions de clients. Elle réalise à ce titre de nombreuses interventions sur ce réseau, tels que les raccordements, les mises en service, les dépannages et les changements de fournisseurs.

Distributeur d'électricité et utilisateur de flotte pour ses 35 000 salariés, ERDF gère et entretient le réseau de distribution d'électricité. Dans le cadre de sa mission de service public, l'entreprise raccorde les infrastructures de recharge des véhicules électriques. Son expertise a permis d'établir un modèle « standard » de pilotage de celles-ci en adéquation avec la modernisation des réseaux et les enjeux environnementaux. De plus ERDF compte plus de 25 000 véhicules d'entreprise, dont 2 000 seront bientôt électriques.

Pour ERDF, le contexte est différent puisque le déploiement débute. A ce stade du déploiement, celui de l'acceptabilité du véhicule électrique, les questions qui se posent diffèrent de celles qui se posent pour La Poste.

ARMINES - CMA

www.armines.net

ARMINES est une Structure de Recherche Contractuelle (SRC) de droit privé au statut d'association selon la loi de 1901, créée en 1967 à l'initiative du Ministère de l'Industrie.

Le Centre de Recherche d'ARMINES impliqué dans ce projet Infini Drive est le Centre Mathématiques Appliquées (CMA) de MINES-ParisTech.

Il apporte au projet son expertise en matière d'optimisation à travers l'élaboration d'algorithmes, et ce dans le cadre d'un partenariat public-privé, dont les interactions favorisent l'émergence d'une meilleure vision scientifique de l'impact carbone des politiques de recharges des véhicules électriques d'une flotte de véhicules électriques.

DOCAPOST BPO

www.docapost-bpo.com

DOCAPOST BPO est la branche dédiée à la gestion externalisée des process et de la relation client. DOCAPOST BPO a l'expertise des systèmes interopérables impliquant un grand nombre d'acteurs aux SI hétérogènes.

DOCAPOST BPO assurera au sein du projet Infini Drive l'interopérabilité des SI. DOCAPOST BPO développera à ce titre les interfaces nécessaires, en collaboration avec les partenaires concernés. Une vigilance particulière sera apportée à l'architecture pour garantir une facilité d'intermédiation entre SI, tout en assurant un découplage lorsque nécessaire pour éviter des incidents critiques qui se propagent entre SI. À ce titre, DOCAPOST BPO apporte la brique Technologie de l'information au projet et assurera la mise en oeuvre d'une plateforme de gestion des flux de données entre les différents partenaires et systèmes déployés (véhicules, boîtiers communicants, information réseau ERDF...).

DOCAPOST BPO développera en outre les interfaces de pilotage des véhicules électriques : Pilotage de la flotte, bilan économique et écologique, suivi opérationnel.

G2Mobility

www.g2mobility.com

G²mobility est le leader français des solutions d'infrastructures de recharge intelligentes pour les véhicules électriques. Créée en 2009, la société déploie ses systèmes auprès des grandes entreprises et des collectivités. Son actionnaire principal est la Caisse des Dépôts à travers BPI France et Innovacom.

Dans le projet Infini Drive, G²mobility a mis à disposition son expertise dans le domaine des IRVE et ses capacités de recherche et développement dans les domaines de l'électronique embarquée, des télécommunications et le développement de systèmes d'informations avancés.

Laboratoire I3M «Information, milieux, médias, médiation»

i3m.univ-tln.fr

Le laboratoire I3M est un laboratoire de sciences de l'information et de la communication de l'université de Nice - Sophia Antipolis et de l'université du Sud - Toulon – Var. Son ambition est de penser ensemble l'évolution technique et l'évolution sociale et culturelle, les interactions humaines et les interactions hommes-machines, à partir de l'étude d'objets concrets, à l'échelle microsociale. Les dispositifs sociotechniques de communication sont ainsi au coeur de son projet, notamment ceux qui s'inscrivent dans les politiques de transition socio écologique des entreprises ou des collectivités territoriales.

Le laboratoire I3M apporte au projet Infini Drive une dimension originale et complémentaire : la dimension socioculturelle et, bien sûr, informationnelle et communicationnelle des usages. Il questionne ici la pertinence et l'efficacité, collective comme individuelle, des dispositifs d'aide au changement aptes à favoriser l'acceptation sociale des innovations et les nouveaux comportements des utilisateurs, exigés par les mutations technologiques pro-environnementales du véhicule du futur expérimentées par les autres partenaires.

Université de Lorraine / LORIA

www.loria.fr

Le Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications, LORIA- UMR7503, est une unité de recherche commune au CNRS, à l'INRIA et à l'Université de Lorraine. Le LORIA a acquis une notoriété qui en fait clairement un des laboratoires phares dans le domaine de l'informatique, avec une reconnaissance certaine au niveau national et international.

Le projet Infini Drive est une opportunité pour l'émergence de nouveaux défis scientifiques liés à la recharge et l'exploitation des véhicules électriques. Le LORIA a contribué au projet Infini Drive, par la conception de modèles d'optimisation d'usage des véhicules électriques et le développement des outils d'aide à la décision pour la planification des usages et le pilotage de la recharge des véhicules avec la prise en compte des contraintes métiers.

Par ailleurs, le laboratoire a notamment accompagné le Groupe La Poste depuis 3 ans sur la modélisation des activités de production, tant en centres de traitement qu'en plates-formes de distribution du Courrier. Il a contribué par ses compétences à l'optimisation de tâches de traitement et d'optimisation des parcours des facteurs, et de stratification des établissements de distribution.

2 Les contributeurs partenaires

Voici les contributeurs au projet :

ARMINES CMA

Nadia Maizi, Raphaël Poulain, Vincent Aulagnier, Jean-Paul Marmorat, Catherine Auguet-Chadaj

DOCAPOST BPO

Mohamed Amine Behloul, Jean-Marc Darbord, Jérémy De-laune, Christophe Le Guay, Romuald Perez, Oula Farra, Didier Plaza, Rachid Sabil, Laurent Tinelli

ERDF

Lionel Paul, Jean-Stanislas Athiel, Lyes Anseur, Francis Bacquet, Gilles Bernard, Bruno Dobrowolski, Nathalie Curot, Alizée Diverrez, Alizée Gervais, Jean luc Kebaili, Pierre-Yves Carrez, Patrice Coquereau, Jérémie Ponthoreau, Stéphane Kodjabachian, Marcel Lemette, Matthieu Balerdi, Domitille Alozi, Odilon Faivre, Abdelkrim Dziri, Catherine Le brun, Jean-Hubert Gayaud, Jérôme Flandin, Xavier Roman, Alain Gaggero, Jean-Marc Taldir, Christophe Toutain, Claude Zelty et plus largement l'ensemble des agents ERDF qui ont été impliqués dans le projet

G2Mobility

Theophile Alary, Lionel Causse, Pierre Clasquin, Martial Diaz, Delphine Bornert, Adrien Ferre, Xiaotu Zhang, Thomas Jannaud, Cécile Lapiere, Laurence Uccelli, Bertrand Zanni, Hanyu Li, Simone Moreno, Hanna Berriche, Pierre-Olivier Ducouret

GREENOVIA

Adrien Auzeneau, Sébastien Albert, Vanessa Chocteau, Aurélie Frémont, Sébastien Jaraba-Heffner, Olivier Penaud, Marion Piet-Lataudrie

I3M

Francine Boillot-Grenon, Peggy Cadel, Valérie Hauch, Hélène Ledouble, Emmanuel Marty, Mathilde Royer

LA POSTE

Robert Alberti, Pierre-Arnaud Borrel, Laurence Camescasse, Philippe Baligand, Claire Camps, Christelle Chabredier, Christine Bargain, Bruno Chevalier, Brigitte Combal, Alain Donguy, David Drujon, Eric Gauthier, Jean-Gonzague Fontaine, Antony Guilbert-Cholet, Perrine Landry, Christèle Lévêque, Philippe Liodice, Alexis Maho, Cédric Mocquillon, Jocelyn Molenat, Didier Nadau, Dominique Nicolas, Anne Quesnay, Hélène Renard, Virginie Rigoulot, Alain Roset, Elena Shevchenko, Jean-Francois Zacharie et plus largement l'ensemble des postiers qui ont été impliqués dans le projet

Université de Lorraine / LORIA

Ammar Oulamara, Mehdi Serairi, Ons Sassi, Wahiba Ramdane.

Les membres du projet ont une pensée pour Marc Bordier (ARMINES – CMA), qui nous a quitté trop tôt, en décembre 2012.



3 Remerciements

Les partenaires du projet, et Greenovia en particulier pour les échanges avec eux en tant que coordinateur, remercient Sophie Garrigou, Joao Dias, Jérôme Lammens, Matthieu Mefflet-Piperel et Maxime Pasquier de **l'ADEME**.

Les membres du projet remercient les soutiens exprimés par la **Région Pays de la Loire**, la communauté urbaine de **Nantes Métropole**, la communauté d'agglomération **Grenoble Alpes Métropole** et le **Conseil Général des Alpes-Maritimes**.

Nous remercions également le pôle de compétitivité **Capénergies** qui a labellisé le projet.

Par le biais d'ERDF, les personnes suivantes membres d'**EDF R&D** ont été sollicitées. Les partenaires remercient Gaizka Alberdi, Valérie Meriguet, Stéphane Mazzoni, Méline Rousselle, Karim Ahmoud, Isabelle Manga-Ebene, Johannes Wirges.

Par le biais de Greenovia, les personnes suivantes membres de **TRIALOG**, société de conseil et d'expertise en logiciel, ont été sollicitées. Le consortium remercie Madeleine Francillard, Alain Moreau et Mourad Tiguercha.

Les membres du projet remercient les personnes suivantes qui nous ont consacré du temps et nous ont apporté leur vision dans le cadre de l'analyse sur les perspectives :

ALD, Didier Blocus
Alstom Grid, Laurent Schmitt
BMW, Olivier Dufieux
CGI / Logica, Cyril Cortina
Chargemap, Yoann Nussbaumer
CNR, Jean-Marie Compas
SPIE, Daniel Beaubouchez
EDF Mobilité, Sylvie Moulet, Juliette Antoine-Simon, Aurélien Ouellette
GE Energy, Yann Pitrou
GIREVE, Gille Bernard
Green on, Yann Devaux
Greenpark / KiWhi, Thierry Meignan

La Poste, Rémi Simon
Legrand, Ludovic Anger
Nissan, Olivier Paturet
Orange Business Services, Patrick Martinoli
PSA, Igor Demay
Renault, Céline Cortesse, Eric Feunteun, Julien Dusoulier
Schneider, Nicolas Descazeaud
SERCE, Anne Valachs, Jacques Filloux
SPIE, Philippe Delanghe
Véhiposte, Christophe Martinet
Veolia, Narjiss Sakhi
Wattmobile, David Lainé.

Enfin, nous remercions les personnes qui ont accepté de consacrer du temps à la relecture du rapport : Jean-François Courtoy, Jean-Louis Legrand, Bruno Mathieu, Maxime Pasquier et Catherine Mestre.

Mentions légales

Pour toute question :

Greenovia

GREENOVIA, coordinateur du projet Infini Drive
65, rue de Bercy 75012 Paris
www.greenovia.fr

Direction éditoriale
Vanessa Chocteau, Directeur Général Greenovia

Direction de la rédaction
Olivier Penaud

Rédacteurs principaux
Adrien Auzeneau, Francine Boillot-Grenon, Delphine Bornert,
Bruno Dobrowolski, Aurélie Frémont, Antony Guilbert-Cholet,
Sébastien Jaraba-Heffner, Jean-Paul Marmorat, Ammar Oulama,
Alain Roset, Mathilde Royer, Rachid Sabil

Direction artistique, réalisation
LHGC, lhgc@lhgc.fr

Date de publication
Quatrième trimestre 2014

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.



Infini Drive est un projet soutenu par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir et du Programme Véhicule du futur. Une expérimentation liée aux infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables, menée par :



À propos de l'ADEME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre, et ce dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

www.ademe.fr



ISBN : 978-2-7466-7836-1

