L'électromobilité : une décennie de développement

La relance de l'automobile électrique remonte à une dizaine d'années. Parmi les événements générateurs, figurent pêle-mêle la stratégie résolue de l'Alliance Renault-Nissan-Mitsubishi pour conquérir un marché en offrant une gamme de véhicules tout électriques à des prix relativement abordables, l'adaptation par Toyota de sa berline hybride Prius pour la rendre rechargeable, l'interdiction de circuler faite aux voitures thermiques dans des centre-villes historiques en Italie, ou encore l'exonération du péage londonien pour les voitures électriques, et enfin le lancement de politiques nationales (parfois supranationales) ambitieuses afin de soutenir l'industrialisation, la commercialisation et l'utilisation des véhicules électriques.

Dans cet essai, nous voulons tirer un bilan à grand traits d'une décennie d'évolution faite à la fois d'innovations technologiques, de stratégies industrielles, de politiques nationales et locales, et encore de décisions d'adoption à l'échelle « micro » des individus et des organisations. Un grand constat s'impose d'emblée : de confidentielle et d'improbable, la mobilité électrique est devenue notoire et crédible. Des acteurs économiques puissants, constructeurs automobiles en tête, ont investi massivement pour conquérir un marché. Des collectivités territoriales ont saisi la mobilité électrique comme une solution technique au service de leurs politiques environnementales (pour maîtriser les émissions de gaz à effet de serre et améliorer la qualité de l'air locale) et de mobilité (en particulier pour l'autopartage). Des particuliers et des entreprises ont acquis des voitures électriques, qui sont devenues visibles dans la circulation et en stationnement dans les villes.

Nous allons brosser pan par pan le tableau d'ensemble : l'offre de véhicules, la conquête d'un marché et l'adoption par une demande, les politiques de soutien et l'implantation dans les territoires. Nous caractériserons la situation actuelle en retraçant les causes à l'œuvre et en signalant les dynamiques d'évolution.

Des véhicules électriques en tous genres

Il y a 10 ans, les stratégies industrielles comme les politiques de soutien faisaient l'objet d'un certain scepticisme. Parmi les « croyants », un débat prévalait : quelle motorisation s'imposerait, le tout électrique avec batterie ou l'hybride thermique-électrique ? En une décennie, la diversité s'est établie parmi les voitures. Les deux grandes options techniques ont été confirmées et renforcées. Du côté « tout électrique », les progrès des batteries sont évidents : l'autonomie des Renault Zoe, Nissan Leaf et autres voitures électriques de la toute récente seconde génération, environ 300 km, est double de celle offerte en 1ère génération (150 km en 2012), elle-même double de celle des véhicules antérieurs « pré-lithium » (environ 80 km pour une Renault Twingo ou une Peugeot 106 à batterie au plomb dans les années 1990). Quant à l'hybride, c'est une solution de conception qui a fait bien du chemin parmi les véhicules offerts : nombreux sont désormais les constructeurs qui proposent la motorisation hybride comme une option pour leurs principaux modèles. Entre réduction de la facture énergétique, conviction écologique de certains utilisateurs et investissement prudent (ou opportuniste) face aux politiques locales de restriction d'accès (ou de facilitation de stationnement), les arguments sont pluriels.

A la diversité des options de motorisation électrique pour les automobiles et à la diversité des voitures équipées d'un mode électrique, s'ajoute une grande diversification des catégories de véhicules concernées par le mode électrique. Le Vélo à Assistance Electrique (VAE), certes plus

onéreux qu'une bicyclette sans moteur, convient à une population élargie d'utilisateurs en termes de capacités physiques et de distances franchissables : d'autant mieux là où la voirie a été aménagée favorablement, rendue cyclable par des pistes et autres agencements locaux de trottoirs et de stationnement. Il s'est imposé par dizaines de millions dans les villes chinoises (200 millions au total en 2016).

Les trottinettes à moteur électrique présentent les mêmes atouts que le VAE ; de plus elles sont faciles à emporter dans les transports en commun et permettent des déplacements intermodaux. A côté des deux-roues « en tandem », des deux-roues « en parallèle » sont apparus et se diversifient, depuis le Segway en mode professionnel ou touristique, jusqu'à l'overboard en mode résolument ludique. Le monoroue, réservé en l'absence de moteur aux artistes de cirque, est devenu une autre « augmentation de piéton », autrement dit un « vélocipède » d'un nouveau genre.

Cette liste de petits véhicules n'est pas exhaustive : la diversification procède par plusieurs voies, avec ou sans moteur, avec ou sans siège, à une ou deux (parfois trois) roues… ou avec des hélices, pour des drones volants ludiques ou utilitaires.

Simultanément, à l'autre extrémité du spectre de taille des véhicules, la motorisation électrique s'attaque aux grands véhicules : de mieux en mieux établie sur les segments des trains, métros, tramways et trolleybus, elle est devenue une option très sérieuse pour les autobus, et une proposition à considérer pour les autocars et surtout les camions (cf. Les projets de Tesla et Siemens en la matière).

Une industrie puissante, en compétition intense

Les petits véhicules électriques ont trouvé des conditions favorables à leur essor : la facilité de recharge au domicile ou au travail, la proximité des destinations en milieu urbain, et surtout des prix modérés pour chacune de leurs diverses formes. Tant le niveau de prix que l'abondance des formes attestent de la puissance industrielle moderne sur ce marché en développement : à la fois dans la conception et la fabrication des produits, grâce à la digitalisation et à la robotisation, et dans l'organisation mondialisée des *supply chains* : concentration de la production dans des sites dégageant de grandes économies d'échelle, disposition de chaînes logistiques efficaces et devenues internationales, facilité de commande, de paiement et de livraison par l'internet.

Ces conditions modernes sont évidemment mobilisées par les constructeurs automobiles et leurs équipementiers, à tous les stades de la fabrication : chaque composant, batterie ou élément de moteur ou de transmission ou de contrôle électrique en bénéficie, et à son tour le véhicule totalement assemblé. La conception n'est pas en reste : les véhicules « purement électriques » s'imposent dans des modèles spécialement conçus : Nissan Leaf, Renault Zoe, Tesla S, X et 3, BMW i3 et i8, Audi e-tron quattro… Pour séduire l'acheteur automobile, les performances des véhicules électriques sont mises en avant : du rayon d'autonomie (perpétuellement augmenté) en passant par les capacités de vitesse et d'accélération, le confort de l'habitacle, l'ergonomie du poste de conduite, et jusqu'à l'allure sportive et / ou statutaire.

La conquête du marché du VE n'a pas seulement conduit les constructeurs automobiles à mobiliser leur puissance technique au service d'une innovation de produit, elle les a également amenés à s'orienter vers la fourniture de services et de ce fait augmenter considérablement le service rendu au

client : service d'installation d'un équipement de charge au domicile, formules locatives (pour la batterie), fourniture d'électricité (le cas échéant avec installation de productions locales d'énergie), service d'information et aide à la recharge. Tesla est allé jusqu'à constituer son propre réseau de recharge rapide dans les pays cibles de développement, auquel peuvent accéder gratuitement tous les acquéreurs de ses véhicules électriques.

Si la concurrence entre constructeurs s'est longtemps également joué sur le plan des formats des prises de recharge (souvenons-nous des débats ardents du début de la décennie), les règles imposées d'interopérabilité (notamment à l'échelle européenne) ont contribué à faciliter (à défaut de simplifier) l'accès aux infrastructures de charge publique au plus grand nombre, indépendamment des choix technologiques.

Au total, la qualité du véhicule et sa performance, l'accompagnement du client et l'accès à la recharge sont les trois ingrédients dans la recette d'un VE qui trouve son marché. Le facteur prix est un quatrième ingrédient, nécessaire pour une grande partie des acheteurs mais moins pour les segments « huppés » de la demande.

La voiture électrique à la conquête du marché automobile

En France, les politiques publiques nationales conçues au lendemain du Grenelle de l'Environnement et de la crise économique et financière de 2008 pour promouvoir l'essor du VE, partageaient un même plan d'implémentation : d'abord la mise en production des modèles de 1ère génération au lithium, puis un essor initial dans des niches de marché dûment ciblées, ensuite une diffusion progressive en tant que voiture particulière des ménages.

Trois niches étaient mises en évidence dans un rapport de l'International Transport Forum en 2012 : les flottes (i) d'autopartage, (ii) de taxis et (iii) d'entreprises. Dans les trois cas il s'agit de véhicules à fonction utilitaire, destinés à un usage suffisamment intensif et réitéré de jour en jour (pour amortir le surcoût de la batterie) et en milieu urbanisé (pour demeurer dans un rayon d'action contraint par la capacité de la batterie et maximiser les gains environnementaux).

La niche « Autopartage » a produit des flottes électriques comptant des voitures par dizaines (ex. à Bordeaux) ou par centaines voire milliers (ex. à Paris) dans les agglomérations qui ont implanté une infrastructure de stationnement et de recharge. Les services d'autopartage ont bénéficié pleinement du développement concomitant des smartphones et de la connectivité, car ces conditions permettent la réservation à la volée en tout point et à tout moment. Cependant la connectivité a aussi permis le développement de services d'autopartage en *free-floating*, sans stations, avec des flottes composées principalement de voitures thermiques moins onéreuses à l'acquisition et moins contraintes en alimentation énergétique.

La niche des taxis n'a pas été autant accompagnée : les stations existantes n'ont en général pas été équipées en infrastructure de recharge, alors qu'il faudrait des bornes « rapides ». Même si certaines compagnies ont misé sur le VE pour capturer des clients à forte sensibilité environnementale, en se démarquant de la concurrence (ex. Japon, Etats-Unis), la plupart préfèrent encore s'équiper de voitures spacieuses, éventuellement hybrides (plus frugales en carburant), relativement économes à l'achat : à Paris la Skoda Octavia, berline thermique, s'est diffusée ainsi que la Toyota Prius.

Quant à la niche des véhicules utilitaires, les mêmes facteurs sont à l'œuvre : manque d'équipement en recharge pour les places réservées en voirie, surcoût à l'achat du véhicule purement électrique, concurrence féroce des modèles thermiques (notamment en fin d'année avec des rabais commerciaux importants accordés pour atteindre les objectifs annuels de vente des modèles thermiques).

Quelques entreprises ont cependant fait preuve d'un certain volontarisme, au premier rang desquelles La Poste, grande entreprise de logistique très engagée pour la mobilité durable, qui fut moteur du « groupement d'achat de véhicules électriques » constitué en France dès 2009 à l'initiative du Président Sarkozy.

En résumé, la conquête des niches au plan français présente un bilan mitigé : un élan initial a permis d'implanter plusieurs milliers de véhicules « tout électriques », mais la part de marché est restée modeste.

En contrepartie, la demande des ménages a commencé à se concrétiser sous deux formes. D'une part, conformément aux attentes, l'offre de VE grand public a attiré aussi bien une clientèle urbaine à forte sensibilité écologique qu'une clientèle périurbaine parcourant quotidiennement plusieurs dizaines de km : le 1 à 2% du VE sur le marché du neuf en France provient essentiellement de ces deux segments, qui ainsi dominent nettement le rôle des niches. Lles modèles S et X du constructeur américain Tesla, qui ont trouvé une clientèle aisée de par le monde, satisfaite par le rayon d'autonomie relativement important (400-500 km) et par l'implantation dynamique d'équipements de recharge sur les réseaux routiers magistraux, ne représentaient toutefois que 2% environ du marché total des véhicules électriques en France en 2017 (contre 9% en Allemagne ou 13% en Norvège).

La stratégie originale de Tesla était présente et affichée dès les années 2000, mais ne bénéficiait pas alors de la notoriété publique associée aujourd'hui aux diverses entreprises d'Elon Musk. Les grands constructeurs ont tardé à cibler ce marché, mais s'y attaquent désormais (Nissan – Lexus, Jaguar), tandis que Tesla propose sa Model 3 pour conquérir le milieu de gamme des berlines.

Les politiques publiques : enjeux, contenu et influences

Entre 2005 et 2010, les enjeux collectifs de la mobilité électrique ont été bien identifiés et affirmés par nombre de gouvernements nationaux : non seulement les enjeux environnementaux d'ordre global (climat, énergie) ou local (qualité de l'air, bruit), mais aussi des enjeux stratégiques relatifs à l'énergie (de réduction de la dépendance au pétrole et/ou de développement des énergies renouvelables) et d'industrie automobile nationale, porteuse d'emplois et de revenus pour leur population respective.

Les politiques publiques mises en œuvre se résument en trois mots-clefs : Accès, Implantation et Coordination. Les pouvoirs publics ont assuré l'accès au marché du VE avec batterie au lithium, d'abord en maîtrisant le risque d'incendie associé à cette technologie, puis en stimulant à la fois l'offre (en soutenant la R & D locale) et la demande (en subventionnant l'achat de VE neuf, et ce d'autant mieux que les équivalents thermiques sont lourdement taxés, cf. Danemark, Norvège).

L'implantation locale concerne la constitution « sur le terrain » d'une infrastructure publique de recharge, dont la disponibilité est importante pour les usagers, ainsi que toute une gamme de

« privilèges d'accès » accordés au VE : gratuité du stationnement, quasi-gratuité de la recharge, dispense de péage, autorisation d'accès aux zones à circulation limitée, parfois même aux couloirs dédiés aux autobus.

Enfin, la coordination a été exercée de deux manières : en « vertical » pour constituer des filières économiques intégrées (notamment en Chine), ou en « horizontal » pour fédérer des acteurs : groupement d'achat public en France, ou constitution en clubs d'utilisateurs pour des particuliers et des entreprises.

Les différents leviers politiques ont été combinés dans des paquets diversifiés selon les pays, les régions et les agglomérations. Tant le choix des leviers que l'intensité de l'effort ont été adaptés au contexte local, souvent marqué par la rareté des fonds publics (au début de la décennie 2010, moins ensuite). Dans les pays de son implantation traditionnelle, l'industrie automobile thermique a été à la fois encouragée à se convertir à l'électrique, et ménagée en tant que pourvoyeuse d'emplois et de produits à « forte valeur fiscale ajoutée » sur tout leur cycle de vie.

La diversité des paquets politiques et des intensités d'effort a produit une diversité d'influences sur les marchés nationaux, qui dépendent d'ailleurs aussi des prix des énergies (et du stationnement) au niveau local et de l'offre commerciale des différents constructeurs automobiles au plan international.

Le cas norvégien mérite une attention particulière (ainsi que le cas chinois, cf. encadré) : en 2017 les VE sont devenus majoritaires sur le marché du neuf, confirmant ainsi la dynamique vivace déjà engagée en 2012. L'absence d'industrie automobile nationale pour l'automobile thermique a facilité l'imposition de taxes élevées à l'importation et à l'achat, dont les modèles électriques sont largement exonérés. L'électricité renouvelable d'origine hydraulique est abondante et peu chère. Les principales villes norvégiennes savent jouer sur le prix du stationnement et même sur le tarif du péage urbain. Enfin, la Norvège est un pays riche où les revenus sont élevés et les finances publiques prospères (grâce à la rente pétrolière), ce qui a permis de déployer rapidement une infrastructure de recharge très consistante.

Le VE en Chine. *En Chine, le mix énergétique est dominé par le charbon : l'enjeu environnemental majeur n'est donc pas le climat, mais bien la qualité de l'air dans les nombreuses villes millionnaires en habitants. L'indépendance énergétique est un enjeu stratégique pour réduire la dépendance pétrolière. La construction automobile fait partie des grands enjeux industriels : l'avance technologique des pays du Nord dans le véhicule thermique fait du VE, plus simple, une aubaine pour rattraper la concurrence. Le gouvernement soutient et coordonne le développement d'une filière industrielle qui va de l'extraction des métaux « terres rares » nécessaires aux batteries jusqu'à la fabrication des véhicules. Le VAE se répand par dizaines de millions, y compris dans des flottes en partage. Des autobus électriques sont produits chaque année par milliers. Aux constructeurs automobiles chinois, dont BYD qui est le champion auto-désigné du VE, s'ajoutent les implantations locales des constructeurs étrangers, tandis que divers industriels locaux produisent des « quadricycles électriques » par centaines de milliers chaque année, avec pour réduire le coût une batterie au plomb, entre autres performances limitées. Depuis 2014 les métropoles contingentent la mise en circulation des véhicules thermiques par un système de quota et file d'attente : au bout de deux ans cette politique volontariste produit des progrès importants dans la diffusion locale des VE.*

L'affirmation de la mobilité électrique dans les politiques territoriales

Dans les grandes agglomérations françaises, l'intérêt de soutenir le développement du VE a fait débat : pourquoi redonner des couleurs à la voiture, dont on voudrait réduire l'emprise en centre-ville ? Certaines régions, dont l'Alsace, ont ajouté un bonus local au bonus à l'achat national. Les villes ont généralement préféré soutenir financièrement l'acquisition de VAE. L'octroi de privilèges d'accès s'est limité à la gratuité du stationnement, faute d'autres leviers à disposition (en l'absence notamment de voies réservées aux véhicules à haut niveau d'occupation ou de péage urbain).

L'utilité reconnue d'une infrastructure de recharge publique n'a pas donné lieu à des plans d'implantation ambitieux au plan local, sauf pour des services d'autopartage tel que Autolib' à Paris. En bref, l'intérêt des villes françaises pour la mobilité électrique se limite à trois modes (hors modes ferrés et les cas particuliers des trolleybus à Lyon et Limoges) : vélo, autopartage et depuis 2015 les lignes d'autobus, avec en particulier l'annonce d'une conversion d'ensemble à l'électrique pour les autobus du Grand Paris à l'horizon 2025.

Deux segments de la mobilité urbaine sont singulièrement délaissés : d'une part les services de taxis et VTC, d'autre part la logistique urbaine. Des aides au rééquipement en véhicule et l'implantation de bornes de recharge sur les places dédiées à leur stationnement pourraient constituer des outils forts de la transformation de la mobilité urbaine à inscrire dans les Plans de Déplacements Urbains.

Conclusions et perspectives

En une décennie, les VE sont devenus des options sérieuses pour tous les modes de déplacement en ville, depuis les augmentations de piétons par une ou 2 roues jusqu'aux modes collectifs, en passant par l'automobile. Deux moteurs ont contribué à ce développement : d'une part les politiques publiques de soutien, surtout au niveau national, et d'autre part les stratégies audacieuses de certains constructeurs automobiles. Le système de prévente du Model 3 proposé par Tesla au plan international en 2016 (plusieurs centaines de milliers de véhicules prévendus), fait écho au groupement d'achat public initié en France en 2009, comme un pendant « privé » et singulier à l'ère de l'internet mondialisé et du *crowdfunding*.

Les niches de conquête ont été moins porteuses que prévu, sans doute au moins en partie à cause de la carence des politiques publiques en matière d'infrastructures de recharge en voirie pour les services mutualisés que sont les taxis et la logistique urbaine. Il pourrait y avoir là un objectif prioritaire pour les politiques de mobilité dans les territoires, de pair avec l'électrification des lignes d'autobus.

Enfin, le cas norvégien démontre la faisabilité d'une conversion de masse. Cet exemple interpelle les planificateurs tant urbains que nationaux. Un schéma directeur national serait bienvenu en France ; la cohérence entre les échelles spatiales pourrait y être promue en mobilisant les Contrats de Plan Etat-Région, entre autres instruments.