



La voiture électrique : étude sur le potentiel de développement de la mobilité électrique à Quito d'ici 2025

PROMOTEUR : PHILIPPE ROMAN

Bryan Uquillas
2021 -2022 | MASTER EN SCIENCES COMMERCIALES

La voiture électrique: étude sur le
potentiel de développement de la
mobilité électrique à Quito d'ici 2025

Je soussigné, Uquillas, Bryan, master en sciences commerciales déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

Remerciements,

En premier lieu, je remercie Monsieur Philippe Roman, promoteur de mémoire. En tant que docteur en économie, il m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer de la meilleure des manières.

Je tiens à remercier Mr Ruben Cevallos, un membre de ma famille, pour l'aide au niveau de l'accès à l'information et ses connaissances en matière commerciale sur le territoire équatorien. Sa disponibilité et ses conseils ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je souhaite également adresser mes remerciements les plus sincères au corps professoral et administratif de l'ICHEC, pour la richesse et la qualité de leur enseignement.

Table des matières

Introduction	1
Méthodologie.....	3
Mobilité électrique	5
CHAPITRE 1	6
1.1. Le véhicule électrique	6
1.1.1. les différents types de véhicules électriques	7
1.2. Les constituants de la voiture électrique	8
1.2.1. Le moteur à induction.....	9
1.3. Infrastructures et types de recharge	10
1.3.1. Type de recharge de véhicules électriques.....	11
1.3.2. Mode de connexion	12
1.3.3. Les prises et connecteurs.....	13
1.3.4. Normes internationales sur les points de recharge	17
1.3.5. Les types de bornes électriques.....	18
1.3.6. Résumé du chapitre 1	24
CHAPITRE 2	26
2.1 Analyse du marché automobile équatorien	26
2.1.1 Mise en contexte	26
2.1.2 Ventes de véhicules électriques au niveau international	27
2.2 Parc de véhicules en Équateur	28
2.2.1 La production nationale.....	28
2.2.2 La vente d'automobiles en équateur.	29
2.2.3 Ventes mensuelles de véhicules	29
2.2.4 Ventes par province	30
2.2.5 Ventes de véhicules électriques et hybrides.....	30
2.2.6 Les marques CHINOISES prennent de l'ampleur.....	32
2.2.7 L'accord commercial entre l'Équateur et l'Union européenne.....	33
2.3 L'adoption de l'électrique en Équateur	33
2.3.1 La loi d'efficacité énergétique (LOEE)	34
2.3.2 Incitants économiques.....	35
2.3.3 Normes techniques	36
2.3.4 La communication.....	36
2.3.5 Résumé du chapitre 2	38
CHAPITRE 3	40
3.1 Analyse sociodémographique de la ville de Quito.....	40
3.1.1 Quito et sa compétitivité	40
3.1.2 La ville de Quito	41
3.1.3 Niveau de vie des « Quiteños ».....	42
3.1.4 Le logement	43
3.1.5 Quito et son impact sur l'environnement.....	44

3.1.6	La mobilité	46
3.1.7	La sécurité	50
3.1.8	L'économie des Quiteños.....	50
3.2	Viabilité du marché cible	52
3.2.1	Processus	52
3.2.2	Résultats de l'enquête	52
3.2.3	Résumé du chapitre 3	56
CHAPITRE 4	58
4.1	Viabilité technique.....	58
4.1.1	La production actuelle	58
4.1.2	La demande électrique	59
4.1.3	Plan d'expansion du réseau électrique national.....	61
4.1.4	2 scénarios prévus	63
4.2	Le réseau des bornes électriques en Équateur.....	65
4.2.1	Le réseau actuel a suffisamment de bornes ?.....	67
4.2.2	Projection d'expansion du réseau de bornes électriques dans le pays	68
4.2.3	Le potentiel de véhicules électriques sur le réseau de bornes de recharge	68
4.3	Viabilité économique.....	70
4.3.1	Coût opérationnel d'une voiture électrique et à combustion.....	70
4.3.2	Coût opérationnel de la kia SOUL Essence	71
4.3.3	Coût opérationnel de la kia soul électrique	73
4.3.4	Le coût total d'acquisition (TCO).....	76
4.3.5	La voiture électrique, meilleure que la voiture à combustion ?	77
4.3.6	Résumé du chapitre 4	79
Recommandations	81
Conclusion	84
Bibliographie	86
Table des annexes	Erreur ! Signet non défini.

INTRODUCTION

Le monde des véhicules électriques est en pleine expansion et d'après plusieurs constructeurs automobiles, les voitures à moteur essence ou diesel auront disparu d'ici 2030 (ETX Daily Up, 2021). Si nous nous basons sur l'histoire de ce secteur, l'accroissement de l'industrie automobile électrique arrive lors des différentes crises telles que la crise de 2008, lorsque le baril d'essence atteint le prix de 147 dollars (d'Eggis, 2020). Cette dépendance au pétrole fait réagir les constructeurs automobiles qui sont en quête de nouvelles solutions et moins de dépendance.

Cette émergence de l'électrique peut également se voir grâce à l'augmentation des besoins énergétiques des économies émergentes telles que les BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine). Sur le marché mondial de l'automobile, une saturation s'installe dans les pays occidentaux, car les pays émergents misent sur cette innovation révolutionnaire qui connaît un grand succès et qui est aujourd'hui un des plus grands défis contre la pollution de la planète.

En 2021, plus de 5 millions de véhicules électriques ont été vendus, soit un accroissement de 20% comparé à l'année précédente et d'après Automobile Propre (2021), cette croissance lèverait plus de 140 millions de véhicules en 2030. Cette nouvelle révolution est en train d'exploser en Europe contre un marché où les véhicules neufs à moteur essence ou diesel ont chuté de 23% en 2021 (RTL, 2021). Pouvons-nous parler d'un détronement du pétrole aujourd'hui ? Il est difficile de l'affirmer, car la production des véhicules à combustible fossile représente encore une grande part de la fabrication totale des voitures.

D'après les perspectives européennes, le but est d'atteindre 72 millions de véhicules électriques en 2040 contre 2,9 millions vendus en 2020. Ce challenge peut être atteignable, mais différents scénarios doivent être pris en compte. Un des composants les plus importants d'une voiture électrique est la batterie qui représente environ 30% du coût de production. Cette dernière est produite grâce aux réserves de minerais répartis un peu partout dans le monde.

Plusieurs barrières sont encore présentes en ce qui concerne l'utilisation d'un véhicule électrique comme la disponibilité d'infrastructures de recharge ou l'accès à l'information sur l'avantage de cette dernière. Ce besoin d'apprentissage est encore à mettre en place par les gouvernements afin que la population soit consciente des caractéristiques techniques, des incitants économiques et de l'impact positif de l'adoption d'une mobilité électrique.

J'ai décidé d'aborder le thème des véhicules électriques étant donné que je suis un passionné de l'innovation technologique et que j'ai fait un stage lors de ma dernière année de bachelier dans une entreprise spécialisée dans l'import/export de véhicules lourds et légers. Mon rôle au sein de l'entreprise était de développer le marché de l'Amérique latine qui représentait à l'époque plus ou moins 10% de leur portefeuille client. Lors de la prospection, je me suis aperçu que le marché des véhicules électriques était quasiment inexistant en Amérique du

Sud. À titre d'exemple, l'Amérique latine compte environ 20 000 véhicules électriques et hybrides vendus en 2020 soit moins de 1% du marché mondial.

Après cette constatation, il m'a paru évident d'étudier et d'analyser un continent qui possède des opportunités liées à la mobilité grâce aux ressources naturelles qui permettent à plusieurs pays de la région de produire de l'électricité grâce aux énergies renouvelables par exemple. Concernant le pays ciblé, j'ai choisi le marché équatorien, car le transport fait partie des principales importations du pays avec un taux de 8,4% en 2020 (OEC, s.d). En effet, ce secteur connaît une croissance considérable grâce aux divers outils établis par l'état que nous verrons à la suite de notre étude.

MÉTHODOLOGIE

Afin d'étudier le potentiel de la voiture électrique sur le marché équatorien, une étude de faisabilité sera mise en place. Elle me permettra de voir si le projet est faisable et donnera une réponse à plusieurs de mes problématiques comme la faisabilité technique du réseau électrique national ou la faisabilité économique de la voiture électrique. Dans le but de mener à bien mon étude, je commencerai par réaliser une recherche documentaire qui me permettra d'analyser divers thèmes comme la voiture électrique et son environnement et faire un tour d'horizon sur le marché cible en analysant l'industrie automobile équatorienne, le réseau électrique du pays . Ensuite, j'analyserai le marché cible en étudiant les données sociodémographiques de la ville de Quito.

Après avoir étudié les données existantes sur la voiture électrique et son environnement et l'étude du marché cible, j'effectuerai une enquête quantitative sur l'adoption des véhicules électriques à Quito réalisé auprès de Quiteños. Le questionnaire sera fait sur la plateforme « Office form » qui comportera au début des questions filtres qui permettra de cibler exclusivement les habitants de Quito. Cette étude me permettra de voir si les habitants de la ville sont réceptifs à cette tendance et sinon, quelles autres alternatives pourraient contribuer à l'implantation d'une mobilité durable dans la ville.

L'étude portera sur 3 piliers :

- 1) La viabilité économique
- 2) La viabilité du marché cible
- 3) La viabilité technique

La viabilité économique sera vérifiée moyennant les coûts totaux d'utilisation (TCO), car pour qu'un véhicule puisse rouler, l'énergie électrique est nécessaire. En effet, différents frais comme la taxe de roulage, l'assurance et les coûts de maintenance seront calculés. Ces différents calculs nous permettront d'affirmer l'avantage économique que bénéficie l'utilisation d'une voiture électrique par rapport à une voiture à combustion.

Les données techniques qui englobent la voiture sont très importantes pour l'étude générale, car elle permettra de connaître le potentiel du réseau électrique national à couvrir la future demande en électricité liée aux voitures électriques. Parallèlement, une étude sur le réseau des bornes de recharges sera également analysée. Chaque modèle possède des caractéristiques différentes en termes de recharge ou de capacité voltaïques c'est pourquoi l'étude technique de ces deux thèmes sera réalisée. Il ne s'agira pas d'une étude technique approfondie, car le but de l'étude est de connaître le fonctionnement du véhicule électrique et les parties prenantes qui l'entourent comme les infrastructures de recharge ou les réseaux de distribution énergétique du pays.

La viabilité du marché cible est le dernier pilier de notre étude qui portera sur une analyse sociodémographique de la ville de Quito. Nous étudierons le niveau de vie des habitants en analysant des thèmes comme le logement, la mobilité et la qualité de vie. Ensuite, nous réaliserons une étude quantitative sur la ville afin de nous donner une idée sur l'adoption des véhicules électriques à Quito. En effet, elle nous permettra de voir si un habitant de la ville est réceptif à la voiture électrique. L'étude sera faite d'un point de vue macro-économique dans le but d'entamer les points les plus importants liés à notre problématique. Je ne suis pas un expert en mobilité électrique et donc notre analyse technique ne sera pas approfondie. En effet, le but est de comprendre le fonctionnement de l'environnement de la voiture électrique et d'étudier le potentiel de développement d'une mobilité électrique à Quito.

En conclusion, ce mémoire couvre plusieurs aspects que j'ai pu approfondir lors de mes études à l'ICHEC comme l'aspect environnemental et international.

MOBILITÉ ÉLECTRIQUE

De nouveaux moyens de mobilité soulèvent un grand intérêt depuis de nombreuses années avec l'arrivée de l'électrification des véhicules lourds et légers et cette volonté de réduire la consommation de CO₂ sur terre. Les défis sont à présent lancés et les constructeurs automobiles sont plus que jamais à la quête d'offres innovantes et être en mesure d'offrir un véhicule électrique sécurisé et abordable pour tous. Aujourd'hui, le transport constitue plus de 30% (ekWateur, s. d.) des émissions dans le monde et pour lutter contre cette pollution il va falloir changer nos modes de transport. Les industriels et les pouvoirs publics jouent un rôle important dans l'écosystème de la mobilité électrique, mais il reste de nombreux challenges en termes d'infrastructure telle que les bornes électriques et l'impact environnemental.

D'après MOBILEESE (2019), la mobilité électrique englobe différents facteurs:

- Voiture électrique : La voiture électrique possède le même châssis qu'une voiture traditionnelle, mais son fonctionnement est différent. En effet, ce type d'engin fonctionne grâce à un moteur à induction qui fait tourner les roues. Aujourd'hui, il existe différents types de voitures électriques comme les voitures hybrides ou les véhicules électriques à pile à combustible. La mobilité électrique ne s'arrête pas aux voitures électriques, en effet, nous pouvons notamment apercevoir des trottinettes électriques et des scooters électriques.
- Bornes électriques : Le développement des bornes électriques est très important pour une mobilité électrique réussie. Il est vrai qu'il existe la recharge à domicile, mais cette méthode comporte des inconvénients comme la durée du temps de recharge par exemple. Les gouvernements et entreprises doivent investir dans le développement de ce réseau pour que les utilisateurs puissent adopter la voiture électrique de la meilleure des manières
- Mesures et réglementations : Ce facteur est également très important pour l'implantation d'une mobilité électrique, car grâce aux incitants et règles mises en place par le gouvernement, les utilisateurs seront plus ouverts à acheter un véhicule et du côté des investisseurs, ces derniers pourraient investir dans le développement des points de recharge par exemple.

Cependant, selon The agility effect (2021), « la voiture ne peut plus être réduite à un vecteur de mobilité personnelle », de ce fait, d'autres alternatives de mobilité durable ont vu le jour tel que le « car sharing » et les transports publics avec les bus électriques. Enfin, grâce à l'accord de Paris les états se sont engagés à limiter leurs émissions de gaz à effet de serre dans les plus brefs délais ce qui permettra d'accélérer et de développer une économie de bas-carbone au niveau mondial.

CHAPITRE 1

1.1. LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Le premier véhicule électrique à batterie au plomb démarre au 19^e siècle lorsque l'inventeur Robert Anderson l'a développé. De plus, la première voiture électrique est lancée en 1830 bien avant les véhicules à diesel ou essence (Hypothèses, 2020).

Même si cette tendance ne date pas d'hier, il a fallu attendre plus d'un siècle pour que la mobilité électrique fasse effet. Les innovations ont tous la même stratégie qui est d'augmenter la rapidité, la qualité d'un produit et mettre en place une adoption croissante grâce à cette nouvelle technologie jusqu'à atteindre une pénétration satisfaisante du marché. Si nous prenons l'exemple du téléphone, celui-ci a dû attendre 60 ans pour être adopté par la population tandis que le téléphone intelligent a mis à peine 10 ans à être accepté. L'acceptation d'un téléphone ou d'une voiture électrique dépend de différents facteurs, mais le succès arrive lorsque les avantages sont plus importants que les inconvénients et cela, grâce à une croissance qui fait diminuer le prix et augmenter l'efficacité du produit de par le savoir-faire. Au cours de l'histoire, nous avons vu des innovations qui n'ont pas eu l'exploit espéré comme la télévision 3D. En effet, les constructeurs étaient sûrs de leurs succès, mais n'avaient pas prédit l'inconvénient de l'obligation du port de lunettes pour profiter de cette technologie. En ce qui concerne la voiture électrique, nous nous demandons pourquoi elle a refait surface aujourd'hui. Cette nouvelle émergence se traduit par la révélation de la batterie Lithium-ion, beaucoup plus pratique que la batterie au plomb. En effet, elle permet :

- Une réduction de bruit considérable
- Une réduction de la pollution
- Une simplicité mécanique
- Un faible coût d'utilisation
- Une facilité de conduite

Cette nouvelle technologie rentre directement dans la lutte contre la pollution que connaît le monde aujourd'hui. La société actuelle vise à réduire ses émissions de CO² et l'émergence des voitures électrique est parfaitement intégrée dans cette problématique. Bien que cette tendance se voie comme porteuse pour l'avenir, plusieurs débats ont lieu sur la forte utilisation des terres « rares » pour la production des véhicules électriques. D'après le Groupe Chopard (s.d), plus de 26% des métaux rares sont utilisés pour la production de véhicules thermiques contre 22% pour la fabrication des véhicules électriques. Nous voyons que la fabrication de voitures à inductions pollue également, mais si nous la comparons avec la voiture à combustion, cette dernière est beaucoup plus polluante. D'ailleurs, il est aujourd'hui possible de créer des batteries Lithium-Ion ne nécessitant pas l'utilisation de métaux « rares », car certes, ils contiennent du lithium, du cobalt et du nickel, mais ces terres ne sont pas rares selon Automobile Propre (2020).

1.1.1. LES DIFFÉRENTS TYPES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Grâce à l'émergence de cette nouvelle forme de mobilité, nous nous trouvons face à différents types de voitures électriques qui se distinguent souvent sous forme d'abréviations. Afin d'avoir une idée plus claire de ces dernières, nous les définirons.

La voiture électrique 100 % à batterie (BEV) est constituée exclusivement des moteurs électriques pour l'avancement de l'engin. Ce type de véhicule se charge grâce à l'électricité fournie par les bornes de recharge et l'énergie est stockée dans des batteries (Das WeltAuto, 2022).

La voiture hybride (HEV) est aujourd'hui la plus commune en circulation. La HEV est composée d'un moteur électrique, mais également d'un moteur thermique. L'avantage est que les deux moteurs peuvent fonctionner de manière parallèle. Par exemple, la voiture hybride classique permet de ne pas consommer de carburant en dessous de 30 à 50 km en utilisant le moteur électrique. De plus, la batterie se charge automatiquement lors des freinages. Le véhicule hybride rechargeable quant à lui possède une batterie d'une plus grande capacité qui a la possibilité d'être branchée à une borne afin qu'elle puisse se recharger. Cette dernière peut proposer une autonomie moyenne de 60 kilomètres (Automobile Propre, 2022).

La voiture électrique à piles à combustible (FCEV) ne possède qu'un seul moteur électrique comme le BEV, mais son fonctionnement est tout de même différent. Un réservoir d'hydrogène et des piles à combustible remplacent une partie de la batterie qui, par une réaction chimique, l'hydrogène est transformé en électricité et en vapeur d'eau. La complexité technique de son fonctionnement l'oblige à proposer un véhicule souvent plus onéreux que les autres voitures électriques.

Le véhicule 100% électrique est définitivement le plus avantageux à long terme. Bien que les véhicules hybrides soient plus démocratisés aujourd'hui, ils dépendent tout de même du pétrole et des coûts de maintenance liés aux voitures à combustion. De plus, dans un monde qui se veut être plus écologique, il reste tout de même polluant. Notre étude sera axée principalement sur le véhicule électrique, car bien qu'il soit déjà bien implanté dans les pays européens ou asiatiques, il est encore en transition de pénétration dans les autres régions du monde.

1.2. LES CONSTITUANTS DE LA VOITURE ÉLECTRIQUE

Dans cette première partie, nous analyserons les différents constituants de la voiture électrique et ses parties prenantes. Cette étude nous permettra de connaître les aspects techniques de base comme la définition du kW et le kWh qui seront utiles pour la partie « viabilité technique » de la dissertation. En effet, nous verrons qu'un véhicule électrique possède ses propres caractéristiques techniques en termes de compatibilité, de capacité et de puissance. Ces informations nous aideront à déterminer les différents types de véhicules 100% électriques et le type d'infrastructures présentes actuellement. Grâce aux connaissances acquises lors de ce premier chapitre, nous pourrions analyser les infrastructures du marché cible et émettre des recommandations sur les pratiques les plus avantageuses pour le pays et la Ville de Quito.

DÉFINITION DU kW ET kWh

Le « kW » est une unité de mesure qui permet de calculer la puissance d'un moteur. Cette mesure ne s'adapte pas seulement aux véhicules électriques, en effet nous le voyons aussi dans les cartes grises des voitures à combustion. Le coefficient le plus utilisé pour calculer la puissance du moteur est le 1,36 c'est pourquoi un véhicule avec 100 kW représente un moteur de 136 chevaux.

Il est vrai que beaucoup de gens ne font pas la différence entre ces deux unités de mesure, mais le « kWh » a une toute autre signification. En effet, il permet de calculer l'énergie fournie par la batterie c'est-à-dire le kW que la batterie peut fournir en une heure d'utilisation. Cet indice est spécialement utilisé pour les véhicules électriques.

DIFFÉRENCE ENTRE COURANT CONTINU (CC) ET COURANT ALTERNATIF (CA)

Les véhicules électriques ont le choix entre deux types de « combustibles » pour recharger les véhicules, le courant continu (CC) et le courant alternatif (CA). Pour comprendre le fonctionnement de ce dernier, il faut tout d'abord savoir que la recharge nécessite obligatoirement un courant continu par conséquent, tous les véhicules électriques ont des convertisseurs qui transforment le courant alternatif en courant continu. En outre, les distributeurs d'énergie électrique fournissent de l'énergie en courant alternatif (CA).

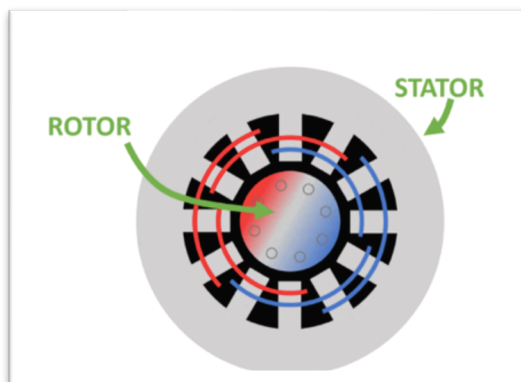
Afin d'avoir une recharge plus rapide, il existe des infrastructures de recharge qui possèdent leur propre convertisseur à l'intérieur de la borne. Cette technologie permet à la voiture électrique de recevoir directement du courant continu et donc d'augmenter la vitesse de recharge sans devoir passer par le convertisseur AC/DC du véhicule. Bien que le courant continu soit plus performant, cette méthode est néanmoins plus onéreuse que les chargeurs standards. Les bornes de recharge à courant continu sont principalement destinées aux stations électriques.

Enfin, si une personne veut recharger plus rapidement son véhicule, elle devra recharger son véhicule avec des bornes possédant des convertisseurs AC/DC qui sont considérés comme des recharges de type rapide.

1.2.1. LE MOTEUR À INDUCTION

Un véhicule électrique possède un moteur à induction composé d'un stator et d'un rotor, des pièces indispensables pour le fonctionnement du moteur. Le moteur tourne grâce à une orientation magnétique qui oblige le rotor à tourner et c'est ce qui fait avancer le véhicule. Le moteur à induction bénéficie de certains avantages comparés au moteur thermique. Le premier est la capacité à fournir une grande puissance de propulsion tout en gardant un poids raisonnable. En effet, un moteur à combustion pèse toujours plus lourd et est moins puissant que son homologue. Le deuxième avantage est le prix, comme dit précédemment, un moteur à induction n'est composé que d'un Stator et d'un Rotor ce qui réduit considérablement son prix par rapport à un moteur traditionnel.

Figure 1 : Le fonctionnement du moteur à induction



Source : Construire sa moto électrique (2021). *Moteur à induction : le futur des véhicules électriques ?*. Récupéré de <https://construire-sa-moto-electrique.org/moteur/induction>

Le châssis d'un véhicule électrique ressemble fortement à celui d'une voiture classique, mais s'en différencie par sa disposition bien spécifique. La voiture électrique est constituée des points suivants :

- **Une batterie à haute tension** qui permet de stocker l'énergie chargée, l'équivalent d'un réservoir d'un véhicule à combustion.
- **Un moteur** qui convertit l'énergie électrique en énergie mécanique et qui fait avancer la voiture
- **Un convertisseur DC/CD** s'ajoute au moteur qui convertit le courant continu en courant alternatif et donne de la puissance au moteur. Ce dernier permet de recharger la batterie 12 V grâce à la batterie à haute tension.
- **Le chargeur** permet de recharger la voiture via un type de connecteur spécifique.

Comme le véhicule électrique n'a pas de moteur à combustion, celui-ci utilise son espace différemment.

Figure 2 : Le châssis d'un véhicule électrique



Source : Automobile Propre (2020). *Voiture électrique : cette plateforme propulse Hyundai vers une autre dimension*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/voiture-electrique-cette-plateforme-propulse-hyundai-vers-une-autre-dimension/>

Dans la figure n°2, nous pouvons apercevoir que les batteries se trouvent au milieu sous le plancher du châssis. L'inconvénient de stocker les batteries de cette manière est le risque de surchauffe. Néanmoins, pour pallier à ce problème, les véhicules électriques ont du liquide de refroidissement qui circule pour éviter la surchauffe. Ces types de véhicules n'ont pas de boîte à vitesse et sont automatiques. En effet, elles ont une transmission à une seule vitesse qui envoie la puissance du moteur à induction jusqu'aux roues. De ce fait, le moteur électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique c'est-à-dire la puissance physique qui fait tourner les roues.

1.3. INFRASTRUCTURES ET TYPES DE RECHARGE

Comme tout type de système de transport, le véhicule électrique nécessite une source d'alimentation qui permet de mettre en marche la voiture. Aujourd'hui, il existe une grande variété de bornes électriques et différents types d'usages. L'Europe et l'Asie sont les champions de la mobilité électrique, mais nous verrons que les pays en voie de développement ont encore de la route à faire.

Une borne électrique possède des caractéristiques différentes en termes de vitesse de recharge, de mode de connexion et de type de connecteurs. En effet, ces derniers peuvent s'illustrer sous la forme de 3 facteurs :

- La vitesse de recharge

- Le mode de connexion du véhicule
- Le type de connecteur

Tableau 1 :Résumé des types de recharge

VITESSE DE RECHARGE	MODE DE CONNEXION	TYPE DE CONNECTEUR
<ul style="list-style-type: none"> • Lente • Moyenne • Rapide 	<ul style="list-style-type: none"> • Mode 1 • Mode 2 • Mode 3 • Mode 4 	<ul style="list-style-type: none"> • Schuko • Mennekes 1 • Mennekes 2 • ChadeMO • CCS Combo 1 et 2

Source : Auteur

1.3.1. TYPE DE RECHARGE DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Il existe actuellement 3 types de recharge en termes de vitesse à laquelle se charge un véhicule électrique : la recharge lente, moyenne et rapide.

RECHARGE LENTE

Elle est principalement à usage domestique. Cette dernière est souvent chargée pendant la nuit pour une durée de 6h à 10h. Ce type d'usage est compatible avec tous les véhicules électriques sur le marché, car il suffit de connecter la voiture à une prise de courant classique.

RECHARGE SEMI-RAPIDE

Ce type de recharge est utilisé pour des usages privés et des zones publiques. Le temps de recharge est d'environ 3h et nous avons par exemple le type de connecteur "SAE J1772"¹ qui est utilisé à cet effet.

RECHARGE RAPIDE

Ce type de recharge est certainement le plus efficace en termes de temps, car plus de 70% de la batterie est chargé en moins de 30 minutes. Ce mode de recharge nécessite une installation plus complexe et est destiné aux stations de services de recharge. Le type de modèle le plus utilisé est le CHAdeMO.

¹ Pour plus d'informations voir site : <https://www.lawinsider.com/dictionary/sae-j1772>

Dans le tableau n°2 se trouve un résumé des caractéristiques que comportent les différentes vitesses de recharges avec des facteurs tels que l'intensité, la puissance et le temps de recharge. Ces données ont été mesurées sur base d'une batterie possédant une capacité de 22 kWh.

Tableau 2 :Caractéristiques techniques des modes de connexion

	Lente	Semi-rapide	Rapide
Intensité	10-16 A	32A-100A	182 À- 227 A
Puissance	2,2kW – 3,7kW	3,7kW – 22 kW	50kW et plus
Capacité	22 kWh	22 kWh	22 kWh
Temps de recharge	10h pour 10 A 6,2h pour 16 A	1h pour 100 A 3h pour 32 A	26 min pour 227 A 33 min pour 182 A

Source : Auteur

1.3.2. MODE DE CONNEXION

Dans le monde des recharges électriques, il existe des modes de connexion qui sont représentés en fonction de l'intensité du courant et la capacité de recharge. Bien que les courants les plus utilisés soient les modes 2,3 et 4, le mode 1 est également défini dans le but d'illustrer tous les modes de connexion disponibles.

MODE 1

Il s'agit du mode utilisé par une prise de courant domestique c'est-à-dire de 220V (max 10 A). L'inconvénient de ce mode est qu'il n'est pas protégé et n'a pas de limite d'intensité. Il n'est pas utilisé pour la recharge des véhicules électriques.

MODE 2

Il est semblable au mode 1, mais il est protégé, car la prise domestique est mise à la terre. Par ailleurs, cette prise possède un connecteur qui la lie à la voiture électrique et qui limite l'intensité du courant à 16 A. Ce mode se voit très sécurisé, car en en absence de cette

limitation, une surchauffe pourrait survenir lors de la recharge. Ce mode permet de charger la voiture à une puissance de 3,7 kW. La durée moyenne pour ce mode de connexion est de 8h. Ce mode de recharge est de type « lent » et est souvent utilisé à domicile.

MODE 3

Le mode 3 est principalement consacré aux bornes de recharge, mais peut être utilisé à la maison moyennant un raccordement adapté qui convertit le courant alternatif en courant continu. L'intensité est limitée entre 16 A et 32 A selon le modèle de la voiture. Ce mode de recharge est de type « semi-rapide », car pour une consommation de 100 kilomètres il faut en moyenne 1,5h de recharge.

MODE 4

Le mode 4 utilise le courant continu et est appelé « recharge CC ». Ce mode de recharge permet de charger les 80% de manière rapide et les 20% restant de manière plus lente, il est donc recommandé de s'arrêter à 80% pour éviter les files d'attente. Le mode 4 est la méthode plus rapide de recharge, car pour une consommation de 100Km, la durée de recharge est d'environ 30 minutes. Bien que ce soit le mode le plus rapide, ce dernier est très coûteux pouvant atteindre un prix entre 22 000 et 175 000 € l'unité. En effet, il est exclusivement destiné aux pompes électriques.

1.3.3. LES PRISES ET CONNECTEURS

Grâce à l'évolution de la voiture électrique, il existe actuellement une grande variété de connecteurs. Nous définirons les plus utilisés à ce jour par les constructeurs automobiles. Il est important de connaître les différents types de connecteurs des véhicules électriques pour avoir l'information et être en capacité de définir le(s) type(s) de connexions disponibles dans le marché cible. Nous les définissons dans les lignes qui suivent.

LA PRISE DE COURANT SCHUKO ET LA PRISE CEE

La prise SCHUKO est de type F et est principalement utilisée en Europe et en Russie. Cette dernière permet des courants allant jusqu'à 16A en accord avec les normes européennes et fait partie des recharges de type lent c'est-à-dire de type 2. Le courant demandé pour ce type de prise est de 230V. Le câble offert lors de l'achat d'un véhicule électrique possède une prise Schucko, quel que soit le type de connecteur.

La prise CEE peut se faire en monophasé ou triphasé. Du point de vue de la puissance, la prise monophasée est équivalente à la Schuko. Elle se différencie par sa forme, car elle possède un clapet qui assure une protection contre l'eau. La prise triphasée quant à elle permet de

délivrer jusqu'à 32A sous 400 volts. Elle permet d'avoir une connexion plus puissante, car elle peut supporter une puissance de 11kW.

LE CONNECTEUR MENNEKES

C'est un connecteur d'origine allemande pouvant aller jusqu'à 63A. Les connecteurs américains ressemblent aux connecteurs européens, mais ils se différencient par leur type de voltage. Aux États-Unis le voltage standard est de 120V et en Europe il est de 220v. En Europe, le connecteur de type de 2 est le plus utilisé, car il fait partie du standard IEC 62196-2. En ce qui concerne l'Amérique du Nord, le connecteur mennekes utilisé est celui de Type 1 en vue de sa différence d'homologation en termes de voltage.

Tableau 3 :Le connecteur Mennekes de type 1 et 2

TYPE 1 (USA)	TYPE 2 (EU)
	

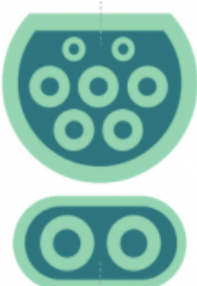
Source : Mida Power (2016). *Guide des types de connecteurs de charge EV pour chargeur de voiture EV*.
Récupéré de <https://midapower.com/web/index.php?topclassid=19&classid=22&id=252&lanstr=fa&wap=1>

CONNECTEUR CCS COMBO

Le CSS Combo de son nom « Combined Charging System » est un connecteur adaptable c'est-à-dire qu'il est possible d'utiliser la partie supérieure et inférieure de manière indépendante. À titre d'exemple, si l'utilisateur possède une prise domestique de courant alternatif (CA) à savoir de recharge lente, il peut utiliser la partie supérieure du connecteur et recharger la voiture. Il existe deux types de connecteurs CCS COMBO, le type 1 et le type 2.

Ce type de prise à recharge rapide peut aller jusqu'à 200 ampères sous 400 volts pour le type 1 et jusqu'à 500 ampères sous 200 à 1000 volts. Aujourd'hui les principaux constructeurs utilisant ce type de prise sont Audi, BMW, Volkswagen, Porsche, Hyundai, Jaguar, Peugeot et Tesla.

Tableau 4 :Les connecteurs CCS type 1 et 2

TYPE 1 (USA)	TYPE 2 (EU)
	

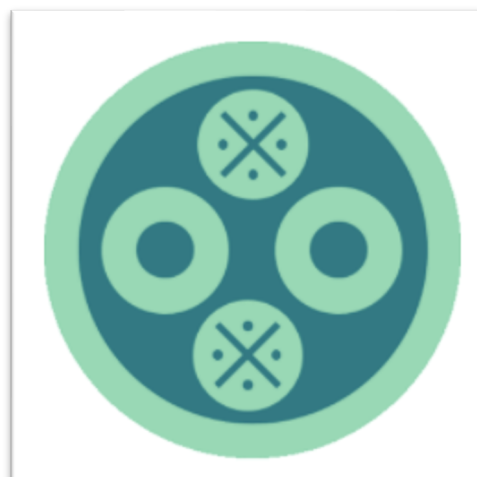
Source : Mida Power (2016). *Guide des types de connecteurs de charge EV pour chargeur de voiture EV*.
Récupéré de

<https://midapower.com/web/index.php?topclassid=19&classid=22&id=252&lanstr=fa&wap=1>

CONNECTEUR CHADEMO

Originaire du Japon, ce type de connecteur est le standard officiel japonais. Les seules marques qui proposent encore ce type de recharge sont Nissan avec le modèle « LEAF » et Mitsubishi avec le modèle « Outlander PHEV ». De plus, Kia a récemment abandonné CHADEMO pour rejoindre le connecteur CSCS. Le CHADEMO est de moins en moins utilisé par les constructeurs automobiles au profit du Combo CCS. Bien que cette tendance soit présente, TEPCO (la principale entreprise de production d'électricité du Japon) veut développer sa technologie afin qu'elle soit adaptable au connecteurs CCS et GB/5 (standard chinois). La version actuelle du CHADEMO peut aller jusqu'à 1 000 volts sous 400A.

Figure 3 : Le connecteur CHADEMO



Source : Mida Power (2016). *Guide des types de connecteurs de charge EV pour chargeur de voiture EV*.
Récupéré de

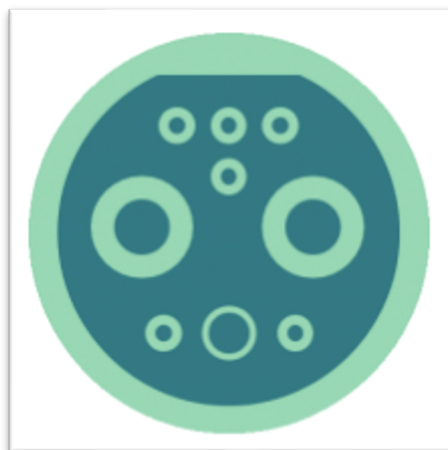
<https://midapower.com/web/index.php?topclassid=19&classid=22&id=252&lanstr=fa&wap=1>

CONNECTEUR GB/T

Le connecteur GB/T est le standard des constructeurs automobiles chinois. Cette technologie permet une intensité de courant allant jusqu'à 250A sous 1000 volts, c'est pourquoi elle se définit comme une option de recharge rapide.

Bien que les véhicules chinois ne soient pas très présents en Europe, ils représentent aujourd'hui le plus grand marché de l'automobile mondiale. Ils sont très présents en Amérique latine et connaissent un grand succès grâce à leurs prix avantageux. Dans les marques les plus vendues, nous avons BYD, Geel, Saic motors et Changan automobile. Aujourd'hui, l'association CHAdeMO et le conseil chinois de l'électricité se sont mis d'accord pour mettre en place une nouvelle technologie de recharge rapide qui permettra un courant jusqu'à 600 A. Ce dernier sera appelé ChaoJi et pourrait détrôner le CCS sachant que la Chine est le marché qui achète le plus de véhicules électriques.

Figure 4 : Le connecteur GB/T



Source : Mida Power (2016). *Guide des types de connecteurs de charge EV pour chargeur de voiture EV*. Récupéré de <https://midapower.com/web/index.php?topclassid=19&classid=22&id=252&lanstr=fa&wap=1>

Nous pouvons remarquer que les prises de Type 2, à savoir le connecteur Mennekes et CCS Combo, sont les plus utilisées en Europe. En effet, la plupart des véhicules vendus sur le continent sont munis de connecteurs de ce type. Même si le connecteur CHAdeMO est principalement utilisé au Japon et en Chine, il est encore utilisé en Europe, du moins pour les véhicules électriques et hybrides d'anciennes générations (Electric Star, 2022).

Les connecteurs de type 1 quant à eux sont principalement utilisés aux États-Unis. Le constructeur Tesla produisant des voitures avec les connecteurs TESLA a dû s'adapter au marché européen en fabriquant des connecteurs de type 2. Tesla a changé son connecteur pour le marché européen afin de faire profiter les bornes électriques européennes.

1.3.4. NORMES INTERNATIONALES SUR LES POINTS DE RECHARGE

L'évolution constante du véhicule électrique a permis aux constructeurs automobiles de proposer des véhicules plus performants de sorte que les utilisateurs en achètent davantage. Cependant, à cause de cette concurrence d'innovation les personnes font face à une grande variété de connecteurs. Le manque de normes liées aux standards de recharge a été un frein pour l'avancement du secteur, car les personnes ne veulent pas se rendre dans un point de recharge et voir que leur connecteur n'est pas compatible avec la borne. En effet, ce problème pourrait rendre la vie impossible aux personnes voulant acheter un véhicule électrique. La commission électrotechnique internationale (CEI) a mis en place une norme (**IEC 61851**) applicable au niveau international sur l'alimentation des véhicules électriques couvrant également les véhicules hybrides (PHEV), en revanche aucune norme universelle sur les standards des connecteurs n'est disponible. Cette norme enveloppe les points suivants :

- Les caractéristiques et conditions de fonctionnement du système d'alimentation des VE
- La spécification de connexion des systèmes d'alimentation pour le VE
- Les exigences relatives à la sécurité électrique du système d'alimentation pour le véhicule électrique

Qu'en est-il de la compatibilité d'un véhicule électrique avec une borne de recharge ? Pour illustrer un exemple, prenons le cas d'un propriétaire d'un iPhone. Ce smartphone ne peut être rechargé que par un câble de type « iPhone » et n'est pas compatible avec un câble « Samsung ». Pour le cas de l'industrie automobile, la situation est similaire. Chaque constructeur cherche à appliquer son standard et aujourd'hui nous nous trouvons dans une authentique guerre de « Normes ».

Selon une étude faite par Reuters (2018), ils estiment qu'il y a plus de 7 000 points de recharge de type CCS, dans lesquels la moitié sont localisées en Europe. Les bornes de recharge compatibles avec le système CHAdeMO sont principalement localisées en Europe et au Japon avec plus de 16 000 points. En ce qui concerne les chargeurs Tesla, ces derniers représentent plus de 8 400 points. Si nous devons commenter la situation en Asie en termes de chiffres, le système asiatique GB/T est le vainqueur avec plus de 120 000 points de recharge localisés partout en Chine.

En résumé, nous comprenons que chaque région du monde possède son propre standard comme le SAE J1772/ CCS Combo 1 pour les États-Unis, le MENNEKES CCS/Combo 2 pour l'Europe, le GB/T pour la Chine et le CHAdeMo pour le Japon. Bien que chaque région dispose de sa propre norme, il est possible de retrouver les différents types de connecteurs avec leurs infrastructures de recharge respectives, car il n'existe aucune loi internationale obligeant l'utilisation d'un standard plutôt qu'un autre.

1.3.5. LES TYPES DE BORNES ÉLECTRIQUES

Le type de point de recharge dépend de chaque usage et du profil du consommateur. Les différents types de bornes électriques se caractérisent par des différences en termes de puissance et du prix au kW. Ces différents usages se catégorisent comme suit :

- Recharge sur la voie publique
- Recharge dans des parkings électriques
- Recharge à domicile
- Recharge dans les stations de services électriques

RECHARGE SUR LA VOIE PUBLIQUE

Ce type de point de recharge est très efficace, car les utilisateurs peuvent recharger leurs véhicules entre un point A et un point B. Cela permet d'augmenter l'autonomie et donc l'utilisation de la voiture dans la journée. Concernant le fonctionnement d'une borne sur la voie publique, cette dernière est souvent liée à un opérateur de mobilité. La carte bancaire n'est pas acceptée, car le système donne accès à la recharge via un badge et/ou une application mobile qui est reliée directement aux coordonnées bancaires. Enfin, cette méthode de recharge sert comme complément d'une recharge complète et est conseillée en cas de nécessité sachant que le véhicule prend environ 8h à se recharger complètement.

Figure 5 : Exemple de recharge sur la voie publique

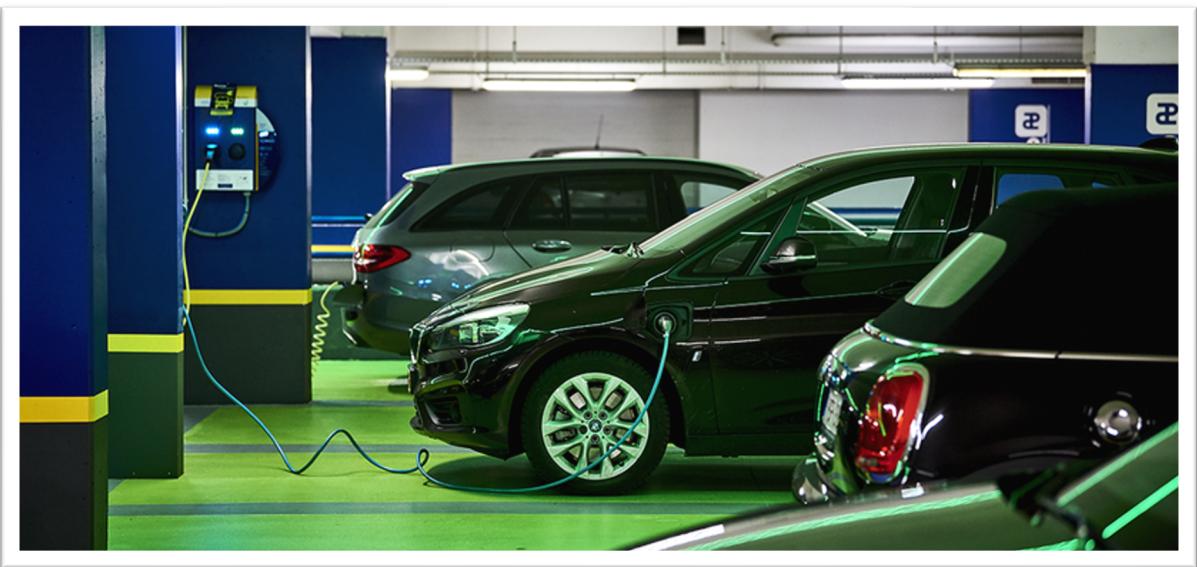


Source : ChargemapBlog (219). *9 pièges à éviter lorsque vous rechargez sur une borne publique.*
Récupéré de <https://blog.chargemap.com/fr/9-pieges-a-eviter-lorsque-rechargez-borne-publique/>

RECHARGE DANS LES PARKINGS ÉLECTRIQUES

La manipulation lors de la recharge dans les parkings électriques est similaire à celle de la voie publique, mais son utilisation est néanmoins différente. À titre d'exemple, Interparking propose la recharge à un coût au kW et un tarif de connexion de 5€ par jour une fois que la recharge est terminée. Cette dernière peut être réglée soit par carte bancaire, soit par une carte interne « Pcard+ ». Avant de s'y rendre, il faut bien évidemment être sûr de la disponibilité des bornes et de l'adaptabilité du type de connecteur de la voiture avec le point de recharge.

Figure 6 : Exemple de recharge dans les parkings d'Interparking



Source : Pcard+ le blog (s.d.). *Bornes de recharge*. Récupéré de <https://pcardensavoirplus.be/bornes-de-recharge/>

RECHARGE À DOMICILE

Pour la recharge à domicile, 2 options sont possibles :

1) Prise domestique

Comme évoqué précédemment, cette prise est accessible à tous les véhicules électriques et est donc facile d'accès. Il reste néanmoins le risque de surchauffe c'est pourquoi il est conseillé de se munir d'une prise renforcée du type « Green'up » pour assurer une recharge plus robuste et fiable. Nous parlons ici d'une prise classique qui est souvent connectée à l'extérieur de l'habitation ou dans le garage afin que l'utilisateur puisse recharger le véhicule le plus confortablement possible. Enfin, le coût pour une prise de ce type varie entre 150 € et 300 € matériels compris (Le monde, s.d).

2) Borne de recharge ou Wallbox

Il est possible d'installer sa propre borne de recharge à la maison et profiter d'une recharge plus rapide et plus fiable. Cette méthode a tout de même un coût considérable, en effet, l'installation d'un point de recharge à domicile peut coûter entre 800 € et 1500 € selon la vitesse de recharge souhaitée (Le Monde, s.d).

Figure 7 : Exemple de recharge borne de recharge de type Wallbox



Source : Chargemap Blog (2021). *Recharge à domicile : solutions de recharge, coût, abonnement ?*. Récupéré de <https://blog.chargemap.com/fr/recharge-domicile-solutions-cout-abonnement/>

3) Recharge dans les stations de service électrique

Cette méthode permet une recharge plus rapide permettant une autonomie de 80% en 30 minutes ; nous pouvons la comparer à la méthode classique lorsqu'on fait le plein dans une pompe à essence. Pour donner un exemple concret, le géant « Totalenergie », anciennement Total, propose des points de recharge rapide en partenariat avec Allego. Les stations sont équipées de 3 systèmes de recharge :

- Courant alternatif (CA)
- CCS combo
- CHademo

Figure 8 : Recharge sur les pompes électriques de Total



Source : Totalenergies (2021). *Tout savoir sur la recharge électrique en station TotalEnergies*. Récupéré de <https://services.totalenergies.fr/mes-deplacements/ma-pause-en-station/route-electrique-totalenergies>

COMBIEN COÛTE LA RECHARGE D'UN VÉHICULE ÉLECTRIQUE ?

Le calcul du prix d'un plein varie en fonction des types de recharges. En ce qui concerne la recharge à domicile, elle est calculée en fonction du prix du kW/h dans le pays. En ce qui concerne le marché belge, il fait partie des pays européens avec le plus haut coût du kW/h moyennant un prix de 0,27 € (Gaudiaut, 2021) et se place au-dessus de la moyenne européenne. Pour avoir un exemple concret, prenons la Peugeot e-2008. Ce véhicule a une consommation mixte de 16kW/h tous les 100 km. Afin de calculer le coût au 100 kilomètres, il faut multiplier le prix du kW/h par la consommation moyenne du véhicule. Le calcul est formulé dans les lignes qui suivent :

- Calcul: $16 * 0,27 \text{ €} = 4,32 \text{ €}$. Il s'agit du prix au 100 kilomètres d'une voiture électrique consommant en moyenne 16kW/h tous les 100 km pour une recharge à domicile.

La recharge sur les bornes publiques est plus compliquée à définir. Aujourd'hui il existe une grande variété de bornes de recharge avec des capacités de recharge différentes. Il existe des bornes qui proposent une puissance de recharge de 2,3kW comme il existe des bornes qui proposent une puissance pouvant aller jusqu'à 300kW. C'est pourquoi le prix au kW/h varie en fonction des différents prestataires. Nous savons néanmoins que le prix de la recharge en extérieur est plus onéreux qu'une recharge à domicile, car une grande partie des frais vient s'ajouter aux prix. En effet, un prestataire de bornes électriques dispose de frais fixes tels que les rentes locatives ou les frais d'investissements qui font monter le prix. Afin de comparer la différence de tarif par rapport à la recharge à la maison, il est possible de consulter les différents prix en fonction de l'intensité de recharge grâce au site « chargeprice ». Pour une

recharge de type rapide, l'entreprise TotalEnergies facture entre 0,40 € et 0,65 €² le prix du kW/h. Pour calculer le prix au 100 km du modèle e-2008 le calcul est le suivant :

Calcul des deux prix :

- **16 * 0,40 € = 6,4 €.** Il s'agit du prix au 100 kilomètres d'une voiture électrique consommant en moyenne 16kW/h tous les 100 km pour une recharge dans la voie publique
- **16* 0,65 € = 10,4 €** Il s'agit du prix au 100 kilomètres d'une voiture électrique consommant en moyenne 16kW/h tous les 100 km pour une recharge dans la voie publique.

Nous pouvons voir que la recharge sur la voie publique est plus onéreuse que de charger son véhicule à la maison, mais reste tout de même plus avantageuse que la pompe à essence. La nouvelle Peugeot 2008 essence consomme en moyenne 7,2 litres au 100 (motor1, 2020) avec un prix du litre d'essence à 1,83 €. Si nous multiplions ces chiffres, nous arrivons à un prix de 13,18 euros tous les 100 kilomètres.

La recharge à domicile est définitivement plus avantageuse en termes de prix même si le temps de recharge peut s'avérer très long. Si l'utilisateur veut recharger son véhicule plus rapidement il devra opter pour une borne de recharge rapide qui comme nous l'avons vu peut s'avérer plus onéreuse. Nous verrons dans la partie « économique » du mémoire que le prix du kW/h varie en fonctions des régions. Ce calcul nous permettra de calculer le prix que cela coûterait de rouler en électrique dans le marché cible.

OPÉRATEURS DE MOBILITÉ ET OPÉRATEURS DE BORNES, QUELLES DIFFÉRENCES ?

Il existe une petite nuance entre les deux types d'opérateurs qui est à prendre en compte.

Les opérateurs de bornes sont des prestataires qui mettent à disposition des infrastructures de recharge afin que l'utilisateur puisse recharger son véhicule, il s'agit en fait du réseau de recharge du prestataire. Les organisations les plus courantes sont TOTAL et IONITY, ces dernières sont présentes en Belgique et partout en Europe. Les opérateurs de mobilité quant à eux proposent une solution de paiement dans les opérateurs de bornes. Freshmile, Chargemap, KiWhi pass ou Plugsurfing proposent ce type de service. De plus, il existe aussi des entreprises qui possèdent leurs propres solutions de paiement tout en proposant un réseau de recharge.

² <https://www.automobile-propre.com/dossiers/cout-prix-recharge-voiture-electrique/> (page consultée le 7 avril 2022)

Aujourd'hui, les prestataires cherchent à offrir ces deux types de services, car cela permettra de réduire les intermédiaires et proposer un prix plus avantageux à l'utilisateur. Il faut néanmoins prendre en compte les coûts qu'entraîneraient ces investissements.

QUELS SONT LES MOYENS DE PAIEMENT ?

Aujourd'hui il existe 3 types de moyens de paiement pour recharger son véhicule. Le Badge est le premier outil qui sert d'intermédiaire entre la borne de recharge et le véhicule électrique. Le deuxième moyen de paiement peut se faire via une application mobile. Cette dernière non seulement propose un moyen de paiement, mais offre également des services d'itinéraires qui permettent de localiser les bornes disponibles en fonction de leurs intensités.

Mais qu'en est-il du paiement par carte bancaire ? Bien que la manière la plus simple de payer se fasse par carte bancaire, moins de 5% des opérateurs proposent cette pratique. Cela se définit par les coûts importants des terminaux pour le paiement par carte bancaire surtout pour les bornes à faible affluence. Cependant, grâce à l'augmentation massive des véhicules électriques en circulation, les prestataires devraient prochainement proposer le paiement par carte bancaire.

1.3.6. RÉSUMÉ DU CHAPITRE 1

Lors de ce chapitre, nous avons vu que l'utilisation d'une voiture électrique requiert une série de données techniques qui doivent être connues. Les propriétaires d'une voiture à combustion ne connaissent souvent que le type de combustion et la puissance du moteur tandis que l'utilisation de la voiture électrique requiert des connaissances techniques un peu plus complexes. L'aspect environnemental joue un facteur clé dans l'émergence de cette nouvelle forme de mobilité, car elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre sachant que le transport représente plus de 40% de la population sur terre (Planète-Énergies, 2020). De plus, grâce à l'accord de Paris, 196 pays se sont engagés à réduire leurs émissions de CO² en mettant en place des plans d'action à long terme.

En ce qui concerne les aspects techniques de la voiture électrique, il a été constaté qu'il existe différents types de connecteurs possédant leurs propres spécificités en termes de compatibilité et de puissance. Au cours de l'histoire, les connecteurs se sont améliorés et aujourd'hui plusieurs constructeurs automobiles proposent des moyens de recharge plus rapides pouvant aller jusqu'à 1000 volts. Bien que l'évolution constante du véhicule électrique ait permis aux industries d'offrir des véhicules plus performants, les utilisateurs se retrouvent aujourd'hui avec une grande variété de connecteurs qui sont souvent un frein lors de l'achat de ce type de véhicule. Grâce à la norme ratifiée par la commission électrotechnique internationale, il existe aujourd'hui 4 modes de recharge allant d'une recharge lente à rapide. Certaines personnes préfèrent la méthode 4, car elle permet une recharge plus rapide, mais elle est plus coûteuse que le mode 2 par exemple. En effet, le prix du kW/h facturé dans une recharge rapide est plus onéreux que la recharge à domicile, car les frais d'investissement viennent s'ajouter au tarif proposé. En fait, le choix du mode de chargement dépend de chaque personne et de son usage envers son véhicule.

Après avoir analysé la différence de coût énergétique entre une voiture à combustion et une voiture électrique, il a été démontré que le véhicule électrique est beaucoup plus avantageux. Même si la recharge dans les bornes publiques peut être plus onéreuse qu'à la maison, le prix se maintient en dessous du plein d'essence. Lors des prochains chapitres, nous estimerons cette différence entre une voiture à combustion et une voiture électrique afin de savoir si l'utilisation de la voiture à induction est plus avantageuse que son homologue dans le marché équatorien. Cette partie nous permettra de confirmer ou non l'avantage économique de la voiture électrique et si oui d'intégrer ce bénéfice lors de la rédaction de l'étude quantitative.

Est-ce que tout le monde peut recharger son véhicule à domicile ? Cette question est très intéressante, car tout dépend des habitudes liées au logement c'est-à-dire que si un ménage possède un logement avec un garage, ce dernier peut facilement recharger son véhicule à la maison grâce à l'implantation d'une prise sécurisée, mais qu'en est-il des personnes voulant acheter un véhicule électrique et vivant dans un appartement sans garage ? Il est vrai ces dernières auraient sûrement plus de difficultés et seraient peut-être enclin à devoir recharger

son véhicule aux bornes publiques qui comme nous l'avons dit, sont plus onéreuses que la recharge à domicile.

Lors du prochain chapitre, nous commencerons par analyser le secteur automobile du pays. En effet, les données comme la part automobile et les ventes par type de catégories seront étudiées. Ces chiffres nous aideront à comprendre les tendances des citoyens en termes d'achat et de déchiffrer la part que prend l'industrie des véhicules électriques dans le pays. Cette étude sera très utile, car elle nous permettra de voir s'il existe un réel potentiel, de plus, nous illustrerons les différents outils que le gouvernement possède actuellement pour réussir le défi d'avoir une mobilité électrique pour les années à suivre.

CHAPITRE 2

2.1 ANALYSE DU MARCHÉ AUTOMOBILE ÉQUATORIEN

Ce chapitre sera axé sur une analyse du marché de l'automobile en Équateur et le potentiel des voitures électriques. Cette étape nous permettra de connaître la situation actuelle du marché automobile du pays ainsi que sa volonté à se tourner vers une mobilité durable. Nous verrons tout au long de ce chapitre, comment se porte l'industrie automobile nationale en termes de vente par type de véhicule et par région ainsi nous pourrons connaître davantage sur les tendances actuelles de ce marché et voir si les véhicules électriques disposent d'un potentiel de vente pour les années à suivre. Pour la seconde partie, nous analyserons la partie gouvernementale du projet en analysant les règles et incitants que le pays a mis en place pour la conversion vers une mobilité électrique.

2.1.1 MISE EN CONTEXTE

L'Équateur est un pays en voie de développement situé en Amérique latine avec comme monnaie nationale le dollar. Pendant son histoire, le pays a subi quelques difficultés que ce soit en termes politiques ou économiques. En 1982, grâce au « Boom » pétrolier l'état avait comme but de développer l'industrie d'assemblage automobile nationale. Pour réussir cet objectif, le gouvernement du moment avait suspendu les importations des véhicules pendant une dizaine d'années. Selon l'« AEADE » ce fut des années difficiles, car d'une part le pays n'a pas réussi ce challenge et a donc produit très peu et d'autre part, les entreprises importatrices ont diminué de manière considérable. Ainsi l'économie du pays a chuté.

En 1991, après la levée des restrictions des importations, le pays a connu une ouverture du marché de l'automobile et la libre concurrence a permis aux citoyens d'avoir une grande variété de choix, c'est ainsi que l'offre s'est élargie. La population avait la liberté de choisir le produit adéquat à sa demande en termes de prix, de couleur ou de modèle. À cette époque, le marché se voit comme très prometteur jusqu'à ce que le pays subisse la plus grande crise de son histoire, la dollarisation en 1999. Ce nouveau régime monétaire est un paradoxe, car d'une part le pays a chuté, mais d'autre part la dollarisation a permis de réduire l'inflation et le taux de chômage grâce à la réactivation de l'économie lié aux investissements étrangers et l'entrepreneuriat national.

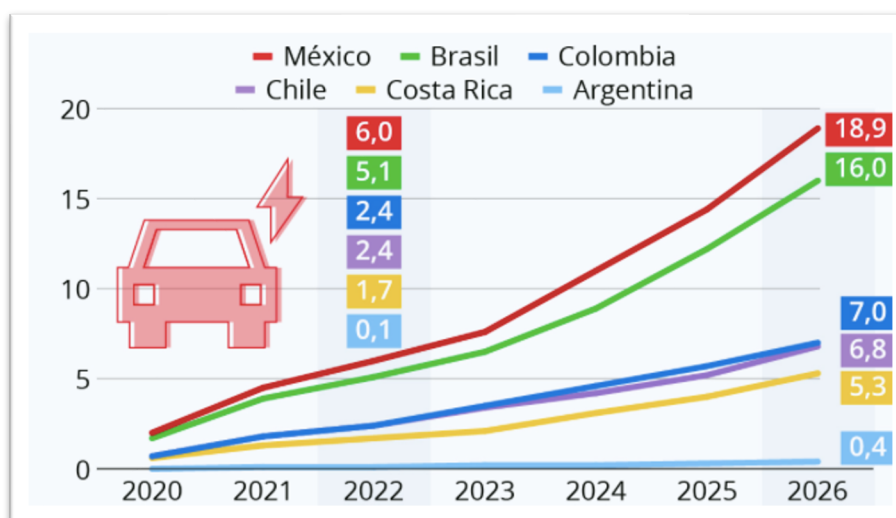
Aujourd'hui, bien que le pays soit également touché par la crise du COVID- 19, un plan de réactivation des entreprises dans le secteur de l'automobile a été mis en place du fait de l'ouverture des activités commerciales et la réduction des coûts d'importations (Primicias, 2022).

2.1.2 VENTES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES AU NIVEAU INTERNATIONAL

Avant de nous diriger dans l'étude du marché national, nous analyserons d'abord le marché mondial. L'industrie automobile internationale a connu une croissance significative grâce au développement de l'innovation sur ce marché qui s'est traduit par une augmentation des ventes de voitures électriques. Grâce à l'introduction de technologies alternatives qui contribuent à protéger l'environnement, comme les véhicules électriques et hybrides, la thématique des voitures « zéro émission » devient une priorité mondiale et laisse entrevoir une croissance commerciale importante.

Bien que le marché soit croissant, ce dernier reste minoritaire par rapport aux autres continents. Certaines raisons expliquant la faible adoption de cette nouvelle technique dans les régions sont liées aux prix élevés des modèles, qui sont majoritairement importés de pays avec des économies aux revenus élevés. Au Mexique, environ 3 000 bornes de recharge seraient disponibles d'ici fin 2022 selon les prévisions partagées par Statista. Malheureusement, les projets d'investissement ne sont pas homogènes dans le continent, car en Argentine le scénario est différent par exemple. En effet, environ 200 stations sont prévues pour la même année sachant que les deux pays ont une superficie similaire.

Figure 9 : Vente des véhicules électriques dans les pays latino-américains



Source : Statista (2022). *Mexico, líder en ventas de autos eléctricos en América Latina*. Récupéré de <https://es.statista.com/grafico/26906/volumen-de-ventas-de-vehiculos-electricos-en-latinoamerica/>

Nous constatons ici que la voiture électrique en Amérique latine est encore en phase d'adoption comparée aux autres marchés déjà bien implantés. La suite de ce chapitre sera axée sur le marché automobile équatorien. Ainsi, nous pourrions nous rendre compte de ce que représentent les véhicules électriques sur ce marché. Ensuite, nous vérifierons si le pays a mis en place des mesures qui prôneraient l'achat de véhicules électriques grâce à textes de lois et des rapports partagés par le gouvernement. Nous avons vu lors de l'introduction que pour qu'il y ait une mobilité durable, pour ce cas-ci une mobilité électrique, les gouvernements

doivent mettre en place des stratégies et des réformes claires et précises afin d'avantager le plus possible l'achat de véhicules électriques. Comme nous avons ciblé la ville de Quito pour cette analyse, une recherche sur les données sociodémographiques sera résumée afin de vérifier s'il existe une volonté à transformer le transport en une mobilité électrique. Si ce n'est pas le cas, nous dénicherons les autres modes de transports durables soutenus par Quito.

2.2 PARC DE VÉHICULES EN ÉQUATEUR

Le parc automobile du pays est estimé à 2,6 millions de véhicules en 2021 (AEADE, 2021), en accord avec la chambre de l'industrie automobile équatorienne (CINAE). L'âge moyen des véhicules en circulation demeure ancien avec une moyenne de 13 ans. Les types de véhicules sont répartis dans les catégories suivantes :

- Motos : 1 325 752 (35,1%)
- Berlines et véhicules légers: 1 026 366 (27,1%)
- Fourgonnette : 630 173 (16,7%)
- SUV : 552 943 (14,6%)
- Camion : 161 092 (6,5%)

Nous pouvons voir que le parc automobile est principalement constitué de motos et automobiles. Grâce à ces données, nous apercevons les tendances des citoyens par rapport au type de véhicules utilisés. Nous pouvons également remarquer qu'il existe aussi une grande part de camionnettes circulant dans le pays. Les SUV quant à eux, prennent de l'ampleur au niveau national. En effet, cette catégorie de véhicules a eu une croissance de 27% par rapport à 2021 (La Hora, 2022).

2.2.1 LA PRODUCTION NATIONALE

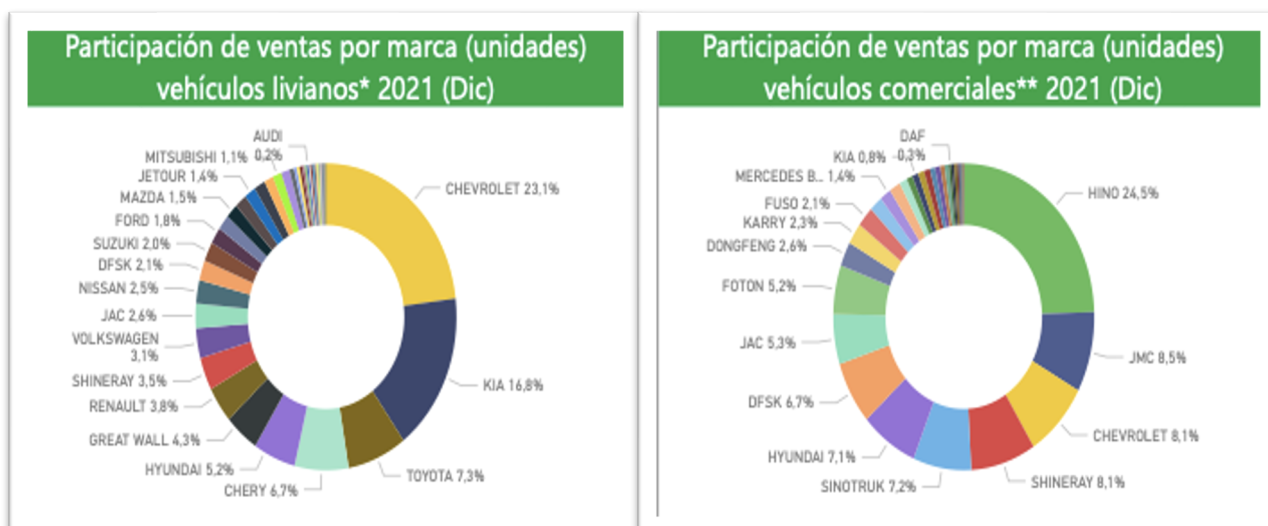
Il n'y a pas de chiffres exacts quant aux nombres de véhicules produits annuellement, mais selon l'AEADE plus de 13 000 véhicules assemblés sur le territoire ont été vendus sur le territoire équatorien. L'entreprise d'assemblage la plus importante du pays est AYMESA (une entreprise sud-coréenne faisant partie du groupe Hyundai Motor Group), elle inclue des marques comme KIA et Hyundai et détient à elle-même plus de 41% de part de marché. En seconde position se trouve OMNIBUS BB, filiale du groupe GENERAL MOTORS avec plus de 37% de la production totale du pays. CIAUTO est la plus importante entreprise d'assemblage 100% équatorienne, elle produit principalement des véhicules d'origine asiatique comme la Wall Single 5. Cette dernière se positionne en tant que challenger avec une représentation de 21%.

2.2.2 LA VENTE D'AUTOMOBILES EN ÉQUATEUR.

En 2021, le pays a vendu 119 316 véhicules³, soit une augmentation de 39% par rapport à l'année précédente (85 818). En ce qui concerne les ventes par marque des véhicules légers, Chevrolet est le leader avec une part de marché de 23,1%. Kia se trouve en 2^e position avec un taux de 16,8% et Toyota en 3^e position avec 7,3% du marché équatorien. Nous pouvons apercevoir après analyse de ces données que les États-Unis et l'Asie dominent le marché équatorien sur cette catégorie.

Pour les véhicules utilitaires, le panorama est très différent. HINO, une marque du Groupe Toyota, représente plus de 24,5% des ventes et se positionne comme leader sur ce marché. En seconde place se trouve JMC, un constructeur chinois avec 8,5% et en 3^e place le fabricant américain Chevrolet avec un taux de 8,1%. Cette forte présence asiatique dans le parc automobile équatorien est due aux prix abordables proposés par les constructeurs. En effet, les accords économiques entre les différents pays asiatiques tels que la Chine et le Japon ont permis de concurrencer les différentes marques en ventes sur le territoire.

Graphique 1 : Ventes de véhicules pour l'année 2021 par marque et par catégorie



Source : AEADE (2021). *Anuario 2021*. Récupéré de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>

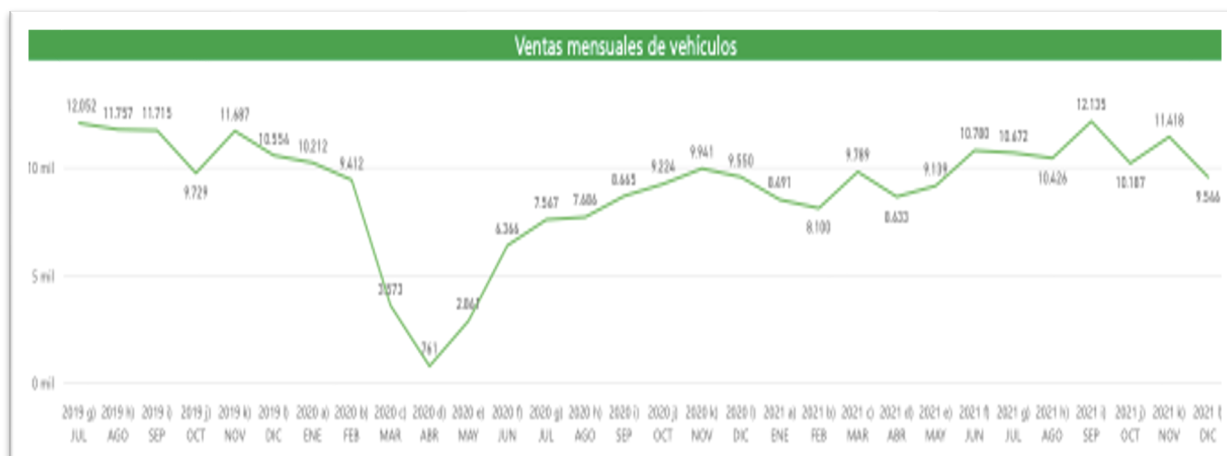
2.2.3 VENTES MENSUELLES DE VÉHICULES

Ce graphique représente les ventes mensuelles pour la période de juillet 2019 à décembre 2021. Nous pouvons apercevoir l'impact direct du COVID 2019 à partir du mois de février 2020 lorsque les ventes atteignent le nombre de 761 véhicules vendus mensuellement. Après cette

³ <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf> (page consultée le 1 mars 2022)

crise, le marché a réussi à remonter la pente et a atteint son seuil moyen de vente de 10 000 voitures par mois.

Graphique 2 : ventes mensuelles entre juillet 2019 et décembre 2021



Source : AEADE (2021). *Anuario 2021*. Récupéré de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>

2.2.4 VENTES PAR PROVINCE

Maintenant, focalisons-nous sur les ventes par province et par catégorie de véhicules. Pour les véhicules légers, les données montrent que la province de PICHINCHA est la région la plus importante en termes d'achats de véhicules avec un taux de 39%. GUAYAS suit de près avec un montant de 28,2%. La 3^e place est attribuée à la province de TUNGURAHUA avec une représentation de 6,9%. En ce qui concerne les véhicules utilitaires, la première province est GUAYAS avec 30%, suivi de PICHINCHA, la province de la capitale de Quito avec 29,4%. La troisième place étant attribuée à la région de AZUAY (12,4%). Ces données nous montrent que les habitants de ces régions représentent le plus gros volume de ventes en Équateur.

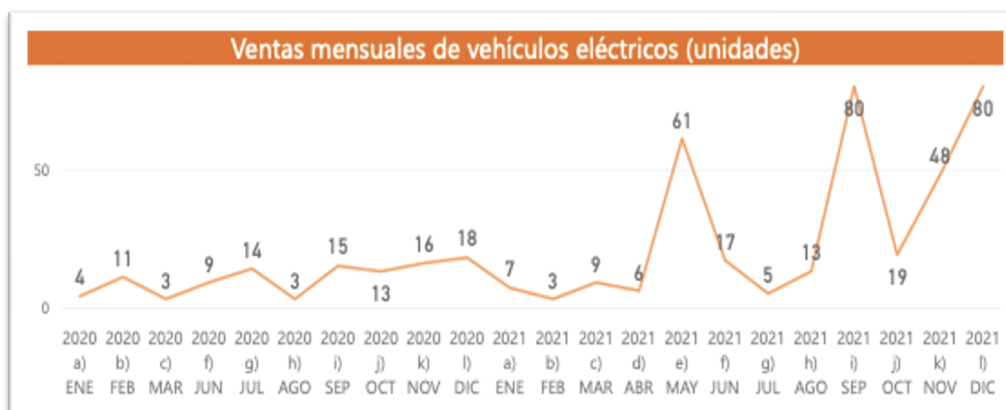
Les provinces de Pichincha et de Guayas sont les plus grandes acheteuses de ces véhicules, car à elles seules couvrent plus de 75% des ventes sur le marché national. Nous pouvons donc dire que Quito, étant la plus grande ville de la province de Pichincha, possède un grand potentiel d'achat au niveau national en vue des nombreuses ventes faites en 2021. À titre de comparaison, 330 véhicules électriques ont été enregistrés à Quito contre 85 dans la province d'Azuay et 57 dans la province de Loja (Varus, 2021).

2.2.5 VENTES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET HYBRIDES

L'Équateur n'échappe pas à l'émergence du monde des voitures électriques même si le volume est beaucoup moins important que les marchés européens. Dans la figure ci-dessous, nous observons une augmentation des ventes au fil des mois pour la période 2020-2021. En effet, au début de l'année 2020, les ventes des véhicules électriques se comptaient au nombre

de 4 par mois tandis qu'en décembre 2021 le pays compte 80 vendus mensuellement. Pour l'année 2021, les citoyens équatoriens ont acheté 348 véhicules électriques (Statista, 2022).

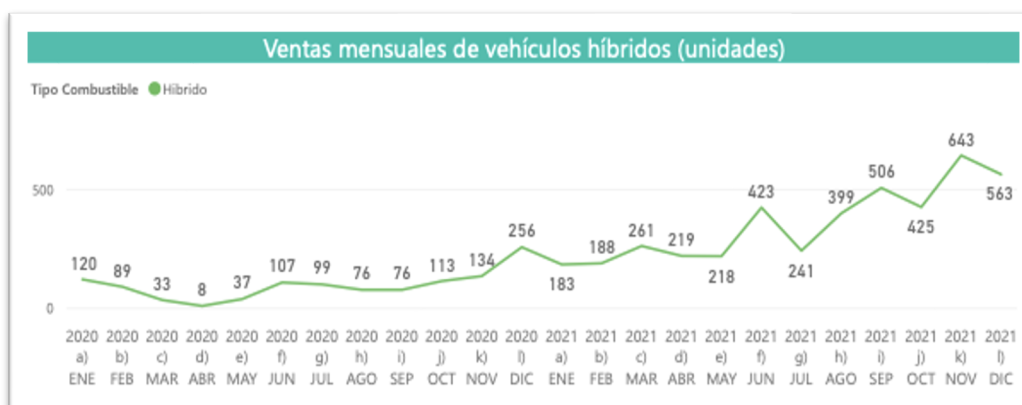
Graphique 3 : Ventes mensuelles des véhicules électriques



Source : AEADE (2021). *Anuario 2021*. Récupéré de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>

Pour les voitures hybrides, le cas est similaire, mais avec un volume de vente plus important. En effet, en janvier 2021, il y a eu 183 unités vendues par mois et en décembre de la même année 563 voitures hybrides. Au total, les citoyens ont acheté 4 269 voitures hybrides pour l'année 2021.

Graphique 4 : Ventes mensuelles de véhicules hybrides



Source : AEADE (2021). *Anuario 2021*. Récupéré de <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>

Ces données nous montrent que le secteur des voitures 100% électriques est en expansion, mais connaît des irrégularités en termes de vente contrairement aux véhicules hybrides. Ces derniers sont plus démocratisés dans le pays, car le fonctionnement de ce type d'engin ressemble fortement aux véhicules traditionnels, en effet les voitures hybrides permettent de faire avancer l'engin grâce au moteur à combustion et au moteur électrique. Enfin, le marché des voitures électriques et hybrides en 2021 a représenté une part de 4% du secteur automobile.

QUELLES SONT LES MARQUES DE VOITURES ÉLECTRIQUES LES PLUS VENDUES EN 2021 ?

Le champion des voitures électriques vendues sur le territoire équatorien est le constructeur chinois DAYANG avec 263 véhicules vendus cette année-là. Au niveau des modèles disponibles à l'achat, cette marque propose principalement des voitures de style citadines avec une moyenne de prix de 9 000 \$. De plus, ce type de véhicule permet une autonomie pouvant aller jusqu'à 120 km.

La deuxième position est attribuée au constructeur KIA avec 198 ventes en 2021. Comme nous l'avons vu, cette marque représente la 2^e plus grande part de véhicules achetés par les citoyens. KIA a réussi à gagner la confiance des Équatoriens grâce à son large réseau étendu dans tout le pays. Dans les types de véhicules électriques disponibles à la vente, la marque propose principalement des SUV avec un prix moyen de 35 000 \$. Au niveau de l'autonomie, le nouveau modèle EV6 propose une autonomie de 528 km.

Le constructeur chinois BYD quant à lui se trouve en 3^e position avec 157 voitures vendues. BYD offre actuellement des modèles SUV et Berlines. Au niveau du prix, ce type de voitures coûtent en moyenne 26 000 \$ avec une autonomie pouvant aller jusqu'à 400 KM. BYD est parvenu se faire une place dans ce marché grâce à son rapport qualité-prix comparé à ses concurrents.

Nous apercevons que le marché des voitures électrique est principalement couvert par les constructeurs asiatiques tels que KAYANG, KIA et BYD. En ce qui concerne les groupes européens, Renault et Audi commencent à faire surface dans ce secteur. En 2021, 54 Renault Twizy et 20 Audi e-Tron ont été vendues ce qui fait une part de marché de 20%. Pour avoir une idée de l'offre actuelle des véhicules électriques en Équateur, nous pouvons nous référer à l'annexe 1. Bien que ces marques ne proposent actuellement qu'un modèle électrique, nous pouvons dire que la porte des constructeurs du vieux continent est dorénavant ouverte.

2.2.6 LES MARQUES CHINOISES PRENNENT DE L'AMPLEUR

Lors des dernières années, les marques chinoises ont fait surface sur le marché automobile équatorien. Même si la vente des véhicules a diminué lors de la pandémie du COVID-19, la part de marché de ces marques a grandi considérablement.

Selon la chambre de commerce du pays, le pourcentage des véhicules chinois vendu en Équateur est passé de 15% à 22% (Ecuavisa,2021) ce qui a permis de vendre 22 000 voitures pour l'année 2021. Cette émergence est due aux prix avantageux que proposent ces marques grâce à des économies d'échelles qui leur ont permis de réduire les coûts de production. De plus, le prix a également fortement diminué grâce aux subsides liés aux importations de véhicules dans le pays. Bien que le prix soit la motivation principale de cette augmentation, les voitures chinoises proposent également des engins de dernière technologie ce qui permet

à l'industrie de gagner en compétitivité et concurrencer les constructeurs européens et américains (Primicias, 2021).

2.2.7 L'ACCORD COMMERCIAL ENTRE L'ÉQUATEUR ET L'UNION EUROPÉENNE

La vente des véhicules d'origine européenne a également augmenté de 7% par rapport à 2020. Comme pour le marché chinois, les frais de douanes ont diminué considérablement. Les tarifs douaniers sur les véhicules légers, camionnettes, SUV sont passés de 40% à 10% en 2022 ce qui a permis aux industries d'accroître leurs exportations de véhicules sur ce marché. De plus, l'Union européenne et l'Équateur ont signé un accord de libre-échange de produits comme la vente de fruits, de poissons et de fleurs ce qui a permis au pays de générer un solde commercial tous confondus de plus de 1 000 millions de dollars. En ce qui concerne le secteur automobile, plus de 15 nouveaux modèles européens sont entrés dans le marché équatorien, cette augmentation de l'offre permet d'avoir une plus grande compétitivité des véhicules sur le territoire équatorien. D'après l'AEADE (2018), cette concurrence permet d'avoir des véhicules plus abordables. Enfin, 65% des voitures européennes commercialisées dans le pays se trouvent dans une moyenne de prix de 30 000 dollars.

2.3 L'ADOPTION DE L'ÉLECTRIQUE EN ÉQUATEUR

Comme nous le savons, les pays développés sont clairement dans la transition du combustible à l'électricité comme moyen de transport. En effet, les citoyens de pays européens profitent de plusieurs incitants économiques et politiques lorsqu'ils achètent une voiture électrique. Pour les pays en voie de développement, le point de vue est très différent. En Amérique latine, peu de pays ont mis en place des politiques publiques pour stimuler les ventes des véhicules électriques et c'est pour cela que le marché représente moins de 1% de l'échelle mondiale. Selon une recherche scientifique sur l'incorporation des véhicules électriques en Amérique latine (IDB, s.d), les barrières ne sont pas seulement d'ordre politique, mais également d'ordre technique. D'après IDB (2021), le succès d'une mobilité électrique découle de piliers économiques, techniques et politiques.

Parallèlement, même si aujourd'hui il existe une plus grande variété de voitures à induction avec des prix plus abordables, les citoyens sont encore en manque de connaissance et préfèrent la facilité en se tournant vers un véhicule traditionnel. En effet, selon une enquête réalisée sur la perception des véhicules électriques par les citoyens équatoriens (Dominio De Las Ciencias, 2021), près de 50% des personnes ont avoué n'avoir aucune connaissance sur le fonctionnement d'une recharge dans une pompe électrique.

En 2019, le gouvernement s'est mis comme objectif de mettre en circulation 10 000 véhicules électriques en 2025, mais nous voyons que nous sommes encore loin de cet objectif.

Figure 9 : Objectifs pour l'adoption de la mobilité électrique en fonction de la flotte de véhicules de chaque segment



Source : Hincio (2021). *Estrategia nacional de electromovilidad por Ecuador*. Récupéré de https://varusecuador.com/wp-content/uploads/2021/05/Estrategia_Nacional_de_Electromovilidad_Ecuador.pdf

Selon Portal Movilidad (2021), les bénéfices estimés permettraient d'économiser les sorties de devises afin d'éviter la consommation de 41 millions de barils de diesel et 37M de barils d'essence qui proviennent d'importations en pétrole. De plus, ils réduiraient la consommation de CO² à 16,5 millions de tonnes. Enfin, la relance de l'économie créera plus de 10 000 emplois grâce à l'installation de points de charges et la maintenance des véhicules électriques. Le pays estime au total une économie de 7.243 millions de dollars pour la période de 2020 à 2024 grâce à l'adoption de ce nouveau type de mobilité.

Après quelques recherches, j'ai pu constater qu'il existe une série de lois qui promouvraient davantage le pays à une conversion vers une mobilité électrique. La plupart de ces règles et normes ont été instaurées entre 2019 et 2022 par l'actuel président, Monsieur Guillermo Lasso, en accord avec le règlement général.

2.3.1 LA LOI D'EFFICIENCE ÉNERGÉTIQUE (LOEE)

Cette loi permet de contrôler l'accomplissement du plan énergétique du pays grâce à des règles, des droits, des garanties et des responsabilités. Le but est de faire un usage rationnel et durable de l'énergie et cela grâce aux principales règles décrites ci-dessous (LOEE,2019).

1. L'utilisation efficace, rationnelle et durable de l'énergie sous toutes ses formes est déclarée d'intérêt national et constitue une politique d'État.
2. Le respect du plan national pour l'efficacité énergétique est obligatoire pour le secteur public et pour le secteur privé.

3. Un label d'efficacité énergétique doit être inclus dans la commercialisation de tous les nouveaux véhicules. Il indique au client les limites de consommation et les niveaux d'émission que chaque véhicule doit respecter.
4. Le gouvernement national, par l'intermédiaire des ministères compétents, créera un plan de remplacement des véhicules en cours de route en véhicules électriques.
5. À partir de 2025, tous les véhicules intégrés dans le service de transport public urbain devront être électriques.

Cette loi favorise l'utilisation des nouvelles formes de mobilité comme le transport électrique. Dans la règle n° 6, nous voyons que grâce à cette réforme les véhicules utilisés pour le transport public doivent être 100% électriques en 2025. En ce qui concerne le transport à usage privé, aucune date limite n'est encore divulguée. Cette loi ne vise pas seulement la conversion vers une mobilité électrique, mais fait aussi appel à une baisse de consommation énergétique afin que le réseau électrique puisse supporter l'arrivée de nouvelles tendances liées à l'électricité comme les véhicules électriques. Selon El Portal Movilidad (2021), le plus grand défi est la mise en œuvre et la rapidité des politiques publiques.

2.3.2 INCITANTS ÉCONOMIQUES

Le gouvernement a supprimé la TVA des véhicules électriques, actuellement réduits de 7% par rapport aux véhicules à combustible. Il s'agit d'une décision prise par le gouvernement pour inciter les personnes à acheter des véhicules électriques. Les tarifs douaniers pour l'importation de véhicules électriques entre 35.000 et 45.000 dollars ont également été mis à zéro afin de faciliter l'entrée de nouveaux modèles dans le pays, spécialement dans le segment des SUV. Parallèlement, les pièces de rechange et chargeurs ont également été exonérés de coûts d'importations, selon le comité du commerce extérieur (2022). Ces actualisations sont en vigueur depuis le début de cette année (El Universo, 2022).

Les subsides sur les combustibles n'ont pas aidé à la mobilité électrique puisque l'existence de ces derniers permettait d'avoir des prix réduits pour les combustibles en Équateur. En 2020, l'état a mis fin à ces subventions et aujourd'hui le prix du gallon d'essence est de 2,55\$ soit une augmentation de 45% par rapport au début de cette réforme (Primicias, 2022). Cette mesure a été faite de manière progressive pour que les citoyens puissent connaître les répercussions négatives de l'acquisition d'une voiture traditionnelle.

Enfin, l'état prévoit la création de crédits souples pour le financement d'une voiture électrique à usage privé. Cette mesure sera d'application à partir de 2025 et pour une durée d'un an. D'après le gouvernement, ces facilités de crédit seront financées par El Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE), la Banque Nationale du pays et les banques commerciales privées.

2.3.3 NORMES TECHNIQUES

En raison de l'ancienneté du parc automobile du pays, qui est d'environ 13 ans, le marché de l'automobile manque d'efficacité à cause des quantités importantes des véhicules anciens circulants dans le pays. Selon l'AEADE, les véhicules de plus de 20 ans représentent 28% du parc automobile du pays.

Sachant que les véhicules électriques sont beaucoup plus efficaces du point de vue économique et environnemental (Guros, 2022), la mobilité électrique peut être une opportunité pour réduire l'âge des véhicules sur le territoire, diminuer la pollution et augmenter le savoir-faire en termes d'infrastructures électriques. Selon l'agence de la transition écologique (ADEME, s.d), l'intégration des mesures régulatrices est très importante pour la mobilité électrique puisque cela permettrait de trouver le bon équilibre entre les moyens d'inciter l'adoption des solutions durables pour l'environnement et les contraintes les plus justes et efficaces permettant de répondre aux enjeux de la transition écologique.

L'Équateur respecte la norme ISO depuis 1995 ce qui permet au pays d'être en règle avec les normes internationales sur la mobilité électrique. De plus, le pays a rejoint l'IEC (organisation internationale de normalisation de l'électronique) qui compte plus de 10 000 normes et 173 pays affiliés (Instituto Ecuatoriano De Normalización, s.d).

L'agence nationale des transports a mis au point une règle sur l'étiquetage des véhicules qui sera obligatoire fin 2022 (ANTE, s.d). Cette dernière a comme but d'informer l'utilisateur sur les caractéristiques principales du véhicule comme l'autonomie, la consommation par kilomètre, l'estimation sur l'économie/surcoût à long terme et les frais annuels sur la consommation énergétique. Du point de vue des bornes de recharge, une loi sur la régulation des infrastructures de recharge est déjà en vigueur depuis 2019 (Agencia de regulacion y control de electricidad, 2019). En effet, elle couvre l'installation de points de recharge domestiques et infrastructures électriques, cela fait référence à l'installation d'équipements de recharge dans les parkings intérieurs et publics comme les aéroports, les centres commerciaux ou les hôpitaux (ARCE, 2019). Cette loi intègre également le nombre de places dédié aux véhicules électriques dans les parkings qui par la même occasion devront être équipés de bornes de recharge.

2.3.4 LA COMMUNICATION

Comme la voiture électrique est une technologie en cours d'adoption sur le territoire, les gens sont encore en manque de connaissance sur les aspects techniques, économiques et environnementaux, mais pour impulser la mobilité électrique dans le pays, les citoyens doivent être conscients de ces avantages. D'après une étude sur la perception du véhicule électrique (Dominio de la Ciencias, 2021), beaucoup de personnes ne sont pas encore au courant des bienfaits qu'apportent les véhicules électriques.

Depuis 2021, le gouvernement a fait appel aux universités pour intégrer la mobilité électrique dans leurs formations afin que les futurs professionnels puissent être en mesure de conseiller les citoyens et les personnes voulant investir dans ce type d'infrastructures sur les aspects techniques de la mobilité électrique. L'Université de Cuenca est la première à instaurer dans la carrière d'ingénierie électrique, une section axée sur la mobilité électrique (Ucuenca, s.d). Dans cette branche, nous retrouvons des thèmes comme le fonctionnement, la maintenance et l'implantation d'une infrastructure de même que la prévention d'accidents de routes ou d'incendies.

Bien que le pays ait élaboré des incitants économiques et des normes techniques pour la mobilité électrique, la communication n'a pas été au rendez-vous. D'après un expert en mobilité électrique, Jorge Burbano (Country Manager de BYD), une des plus grandes barrières qui freinent l'adoption d'une mobilité électrique est le manque de communication. Selon lui, nous n'avons pas été de bons marketeurs et le manque de suivi et de rapport quant à l'évolution nationale de cette émergence a éloigné les investisseurs et entrepreneurs par manque d'information. C'est pourquoi des stratégies de communication doivent être élaborées.

Ce thème fait partie des stratégies avec un très haut niveau de priorité, car même si le pays s'appuie sur les talents locaux, il est actuellement en manque de connaissance pour créer les bases au niveau des programmes de formation et communication.

2.3.5 RÉSUMÉ DU CHAPITRE 2

Le début de l'ère de la voiture électrique commence en 2008 avec la commercialisation de la Nissan Leaf 100% électrique. Aujourd'hui, ce marché connaît un grand succès et nous pouvons le voir grâce à l'augmentation des voitures électriques mises en circulation. Bien que l'industrie des voitures à combustion soit en récession, la vente de ces nouveaux engins ne fait qu'augmenter. Nous avons vu lors de l'analyse du marché mondial que les voitures électriques sont déjà bien implantées en Europe et en Asie. Cependant, l'Amérique latine a encore des efforts à fournir.

En ce qui concerne le marché automobile équatorien, ce dernier connaît un accroissement des ventes de 30% entre 2020 et 2021 et même en temps de COVID, ce qui est une bonne chose. Cette hausse se traduit par l'ouverture de ce secteur grâce aux accords commerciaux traités avec l'Asie et l'Europe. Les voitures américaines quant à elles, ont toujours été présentes dans le pays. En effet, le parc national est principalement constitué de voitures de marques comme Chevrolet par exemple. Les voitures asiatiques prennent aujourd'hui beaucoup d'ampleur dans le pays, en effet, nous retrouvons des marques comme KIA et Toyota circulant sur les routes équatoriennes. Bien que les marques européennes ne soient actuellement pas très présentes sur ce marché, le pays pourrait faire face à une plus grande part de véhicules européens grâce aux réductions des importations des voitures en général.

Le secteur des voitures électriques est en pleine expansion même si les ventes sont irrégulières comparé aux voitures hybrides où les ventes sont croissantes et plus stables. Afin d'avoir une plus grande adoption de la voiture électrique dans le pays, le gouvernement doit se concentrer sur d'autres pratiques qui permettraient la croissance de cette nouvelle activité. Selon le ministère de l'Énergie équatorienne, le gouvernement veut mettre en circulation 10 000 véhicules électriques en 2025 et pour ce faire, ils ont établi une série de lois et incitants dédiée à la mobilité électrique. Aujourd'hui, les voitures électriques sont exonérées de la TVA et des coûts d'importation sont également réduits pour les véhicules électriques, des infrastructures de recharge et des accessoires comme les batteries par exemple. L'état a également enlevé de manière progressive les subsides liés aux combustibles fossiles ce qui favorise l'utilisation de l'électrique. Parallèlement, le gouvernement prévoit pour 2025 la création de crédits souples pour le financement de voitures électriques.

Le pays fait partie de la norme ISO internationale liée à la mobilité électrique et depuis 2019, il existe plusieurs régulations sur les infrastructures de recharge. Pour les véhicules électriques, l'État a mis au point une règle sur l'étiquetage des véhicules qui permettront de connaître les avantages qu'apporte un véhicule électrique. Malheureusement, la partie communication est la moins développée. Nous avons vu que le pays mise sur le capital humain national, mais il existe actuellement une seule université (UCuenca) qui a incorporé la mobilité électrique dans son programme d'ingénierie électrique. D'après Jorge Burbano (BYD, 2021), le thème de communication a sans doute été une des plus grandes barrières de la mobilité

électrique, car l'État n'a pas bien communiqué aux citoyens les bienfaits de cette nouvelle forme de mobilité.

En conclusion, nous pouvons voir que le pays a déjà mis en place des règles et incitants pour profiter d'une mobilité durable. Aujourd'hui, nous sommes loin de l'objectif voulu pour 2025 c'est pourquoi il faut affermir davantage les thèmes les moins développés. En effet, il y a encore du progrès à faire.

Le prochain chapitre sera axé sur une analyse sociodémographique de la ville de Quito. En effet, cette étude nous permettra de connaître le niveau de vie des Quiteños et les tendances liées à la mobilité. Parallèlement, nous analyserons les résultats de notre enquête qualitative sur l'adoption de la voiture électrique à Quito. Cette étude nous aidera à connaître le ressenti d'un habitant de la ville sur le véhicule électrique et l'environnement qui l'entoure.

CHAPITRE 3

3.1 ANALYSE SOCIODÉMOGRAPHIQUE DE LA VILLE DE QUITO

Avant de nous focaliser sur la Ville de Quito, commençons par exposer les données macro-économiques du pays. L'Équateur compte 17 millions de citoyens avec une tendance croissante au fil des années. De plus, ce dernier a une concentration de population plus importante dans les zones urbaines que rurale. La monnaie nationale est le dollar et cela lui permet de résister en temps de crise, car il s'agit d'une devise forte et stable. Cette unité monétaire permet également aux citoyens d'avoir un grand pouvoir d'achat par rapport aux pays limitrophes et donc permettre d'acheter plus de choses dans les pays où la devise est moins forte que le dollar. La principale source économique du pays est le secteur du pétrole avec des exportations représentant 32% du PIB national. Bien que le pays y soit actuellement dépendant, ce dernier possède un très grand potentiel minier et touristique. De plus, l'Équateur est le 1^{er} exportateur de crevettes dans le monde. En décembre 2021, les exportations équatoriennes ont principalement été destinées aux États-Unis et à la Chine. Pour le marché européen, l'Espagne est le premier pays importateur de l'Équateur avec des exportations d'une valeur de 62.6 millions de dollars.

En ce qui concerne les importations, l'Équateur délègue une grande partie de son raffinage aux États-Unis et à la Chine en important le combustible prêt à l'emploi sur son territoire. Cette technique lui permet d'éviter d'investir dans des infrastructures énormes, mais d'un autre côté la sous-traitance a un prix à ne pas négliger. J'ai décidé de parler du marché de l'automobile, car depuis la nouvelle réélection présidentielle en 2019, le pays a mis des choses en place pour réactiver l'économie et ouvrir le pays aux marchés mondiaux. Grâce à ces nouvelles mesures, l'industrie automobile est beaucoup plus attractive, car les prix sont aujourd'hui plus abordables pour les citoyens, ainsi l'importation de véhicules et pièces de rechange font aujourd'hui partie des plus grandes parts des importations dans le pays. Enfin, le pays achète principalement ces véhicules en Chine et aux États-Unis et ces deux pays représentent plus de 40% des importations. Grâce à cette analyse, nous pouvons clairement voir que les véhicules circulants dans le pays proviennent principalement d'Asie et d'Amérique du Nord.

3.1.1 QUITO ET SA COMPÉTIVITÉ

La raison de mon choix porté sur la ville de Quito découle de plusieurs facteurs économiques.

Premièrement, un rapport sur la mesure des niveaux de productivité des pays d'Amérique latine (CAF, 2022) a démontré que Quito est la ville la plus compétitive d'Équateur. Lors de l'analyse, des données comme le niveau d'éducation, la complexité géographique et la productivité ont été comparées. Quito en tant que capitale est devenue une économie très

concurrentielle, car elle concentre le plus gros volume de fournisseurs, de consommateurs, de concurrents et d'investisseurs. En effet, la ville est aujourd'hui une économie d'agglomération, notamment grâce à son écosystème logistique. De plus, c'est un endroit avec une bonne infrastructure pour le commerce extérieur et la présence d'entités financières et d'organisations internationales soutient les affaires. A contrario, les villes situées dans le sud-ouest de l'Équateur sont parmi les moins productives.

Deuxièmement, des rapports effectués par des consultants équatoriens sur le suivi et l'évaluation de la qualité de vie (Quito Como Vamos, 2021) ont démontré que Quito fait partie des villes les plus croissantes du pays grâce à l'indice ICC. Cette mesure est composée de 6 catégories qui permettent de calculer le degré de bien-être des habitants dans la ville soit : la productivité, l'infrastructure, la qualité de vie, l'équité et inclusion sociale, la durabilité environnementale et la législation.

Dans le tableau n°5, nous observons que Quito a le plus grand pourcentage en infrastructure et législation. Ces deux catégories sont très importantes pour notre sujet de base, car d'une part les infrastructures sont importantes pour la mise en marche des voitures électriques et d'autre part les lois et incitants pour concurrencer les voitures traditionnelles.

Tableau 5 : Les villes les plus compétitives d'Équateur

CIUDADES	PRODUCTIVIDAD	INFRAESTRUCTURA	CALIDAD DE VIDA	EQUIDAD E INCLUSIÓN SOCIAL	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	COBERTURA Y LEGISLACIÓN	CPI
Cuenca	64.78	63.34	64.48	68.68	47.25	62.37	61.40
Ambato	62.67	61.89	61.89	67.81	52.07	57.66	60.46
Quito	61.34	66.83	61.15	68.55	42.08	65.04	60.08

Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

3.1.2 LA VILLE DE QUITO

Quito est considérée comme la ville la plus importante de l'Équateur pas seulement parce que c'est la capitale, mais également parce qu'il s'agit de l'épicentre économique et culturel du pays. Selon l'INEC, Quito, située dans la province de Pichincha, compte 2,7 millions d'habitants et est considérée comme la ville la plus habitée du pays. Cette dernière est constituée de 65 communes, dont 33 zones urbaines et 33 zones rurales. D'après l'Institut National de Statistique du pays, 68% de la population habite en zone urbaine contre 32% en zone rurale. Aujourd'hui, l'urbanisation prend de plus en plus d'espace à Quito et les villes périphériques telles que Calderon, San Antonio ou Cumbaya sont en transition d'urbanisation. La ville de Quito est répartie en 3 axes avec la zone centre, nord et sud. L'épicentre économique et

culturel se trouve au centre de Quito, de même que le réseau de transport public. Selon les données sociodémographiques, la zone du sud (Quitumbe) est souvent vue comme étant la plus pauvre de la ville avec le niveau social le plus bas. Les quartiers du nord comme « la Carolina » sont les coins les plus prisés de la ville avec la plus grande concentration de personnes avec un revenu confortable. Dans l'illustration ci-dessous, les points grisés font partie des communes urbaines et les zones blanches intègrent les zones rurales.

Figure 10 : Carte de la Ville de Quito



Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

POPULATION PAR SEXE ET ÂGE

En ce qui concerne la population par âge, elle est catégorisée par une majorité de jeunes adultes âgés de 20 à 39 ans (34%), succédée par les enfants et adolescents (27%). La plus petite proportion est attribuée aux personnes âgées de 65 ans et plus avec un taux de 6 %. En ce qui concerne le pourcentage de la population par sexe, celle-ci représente 48% d'hommes et 51,38 % de femmes, soit une majorité féminine (Quito cómo vamos, 2020).

3.1.3 NIVEAU DE VIE DES « QUITEÑOS »

Les Équatoriens gagnent en moyenne 425 dollars par mois, selon Statista (2022). Il s'agit du gros salaire dans la région devant le Chili, le Panama et le Mexique. En ce qui concerne les Quiteños, ces derniers ont un salaire moyen de 686 \$, soit le plus haut du pays (Bdex, s.d). Cependant, d'après la commission économique pour l'Amérique latine (CEPAL), la pauvreté augmentera dans les années qui suivent à cause de la récente pandémie qui a marqué l'histoire, le COVID-19 (CEPAL, 2022). Ce n'est pas une bonne nouvelle, car cela veut dire que

le pouvoir d'achat diminuera dans la région. En égard des inégalités sociales qui sont encore très présentes dans le pays, prendre une moyenne salariale comme indicatif n'est pas très représentatif pour analyser le niveau de vies des personnes c'est pourquoi nous mettrons en lien les dépenses moyennes recensées par les familles de la ville grâce à des enquêtes réalisées (Quito Como Vamos, 2021). Les résultats montrent qu'un Quiteño dépense annuellement en moyenne :

- 2 205 \$ en dépenses diverses
- 2 246 \$ en dépenses alimentaires
- 1724 \$ en dépenses habitation
- 489 \$ pour l'habillement.

Ce montant fait un total de 6 664 \$ moyen annuel par ménage. Malheureusement, il n'existe pas de données sur les salaires minimum et maximum et la seule information que nous possédons est que le plus grand pouvoir d'achat est localisé dans les quartiers centres et nord de la ville. Ces chiffres ne reprennent pas directement les dépenses en mobilité, mais nous supposons qu'elles font partie de la catégorie « Divers ». Cette analyse nous montre que le coût de l'habitation est moins important que les dépenses en alimentation, cela est dû au faible coût de l'habitation, en effet, un logement moyen avec 2 chambres coûte en moyenne 250 dollars par mois (Preciosmundi, 2022) . Enfin, ces données nous montrent qu'un Quiteño moyen dépense tout de même plus de 183 dollars par mois en frais divers.

LES INÉGALITÉS SOCIALES

Une personne est considérée comme « pauvre » lorsque les revenus mensuels sont inférieurs à 84,72 \$ par personne et la « pauvreté extrême » est atteinte lorsque les revenus ne dépassent pas 47 \$ par mois. À Quito, 8% de la population est en situation de pauvreté 2,8% en situation de pauvreté extrême. Pour représenter ces facteurs d'un point de vue plus scientifique, le coefficient de « Gini » est calculé. Cet indicateur permet de mesurer le degré d'inégalité par rapport à son revenu per capita dans lequel une valeur se trouvant proche de zéro permet de dire qu'il existe une égalité parfaite et une valeur proche de 1 une inégalité extrême. Selon le report sur la pauvreté du pays, Quito a enregistré un taux de 0,475 en 2018, en effet, la ville est confrontée à une très grande inégalité sociale (Reporte De Pobreza Y Desigualdad, 2021).

3.1.4 LE LOGEMENT

Dans ce point, nous analyserons l'accès au logement et aux services basiques d'un habitant de la ville de Quito. Comme évoqué précédemment, Quito a dû faire face à une grande problématique concernant la hausse de population et par conséquent l'augmentation de la demande au logement. Ce défi a très bien été relevé et selon INEC, la ville a réussi à combler cette demande grâce à des projets d'habitations.

L'accès aux services basiques tels que l'eau, l'électricité et évacuation des eaux représente un taux de 96,1%. Ces données sont très positives pour la question de la possibilité de recharge du véhicule à domicile. En effet, pratiquement tous les Quiteños ont accès à l'électricité et ces données sont les mêmes que pour le reste du pays. En ce qui concerne l'espace public, plus de 92% des logements possèdent des trottoirs, en effet, le citoyen a la possibilité de stationner son véhicule à côté de son logement. Quito compte 717 395 logements où 48% sont des logements propres, 34% des logements loués et 17% représentent d'autres modalités de logement, de plus, environ 45% des logements sont des maisons/villa et 55 % des appartements. Vu cette tendance d'habitation, la possibilité de recharger sa voiture à la maison est faisable, car presque la moitié des habitants vivent dans des biens à 3 ou 4 façades. De plus, si les habitants souhaitent une recharge plus rapide, ils pourraient opter pour la mise en place d'une borne électrique à la maison.

L'ACCÈS À INTERNET

Comme évoqué au chapitre 1, la recharge dans les bornes publiques nécessite l'accès à internet, c'est pourquoi ce point est à prendre en compte dans l'analyse. À Quito, l'accès est plus présent en zone urbaine qu'en zone rurale. Une enquête nationale sur l'emploi montre que l'accès au réseau a un accroissement considérable. En 2010, seulement 27% des Quiteños avaient accès à Internet et aujourd'hui plus de 50% en bénéficient (Quito Cómo Vamos, 2021). Ces données montrent que la ville se veut plus connectée.

3.1.5 QUITO ET SON IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

La durabilité et le développement durable sont des thèmes qui lient directement les autorités publiques des régions du monde et les initiatives locales mises en place permettent d'améliorer le niveau de vie des citoyens. Le thème de l'impact de Quito sur son environnement fait partie des points clés qui pourraient faire tourner les habitants dans un changement plus durable et donc réduire les émissions de CO².

D'après le dernier rapport en date partagé par la municipalité de Quito, la ville a émis 7,5 millions de tonnes de CO². La consommation au niveau du transport représente 40%, 26% sont le résultat de la consommation en énergie dans les ménages, 24 %⁴ font partie de l'utilisation de l'agriculture et 10% des résidus plastiques (Vision de Quito, 2018.) Le tableau n°5 nous montre un résumé de la contamination occasionnée par la production de CO² dans le district de Quito.

⁴ Voir tableau 5

Tableau 5 :Pourcentage de contamination par rapport aux activités

La contaminación atmosférica ocasionada por la producción de CO ₂ en el DMQ	Total: 7 598 855 toneladas de CO ₂ en 2015
ACTIVIDADES	PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN
Transporte	40
Consumo de energía de los sectores residencial, comercial, institucional e industrial	26
Agricultura, uso y cambio de suelo	24
Residuos sólidos	10

Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

Malheureusement, la ville est connue comme ayant une mauvaise qualité d'air et selon une étude réalisée par l'Institut National de l'Environnement, plus de 40 % des Quitoëños souffrent d'infections respiratoires. Ces infections apparaissent lors que le citoyen inhale l'air contaminé qui provient des véhicules à diesel, le trafic aérien ou des sources fixes. Nous voyons clairement que la contamination liée au transport joue un rôle considérable dans l'empreinte environnementale de la ville.

LA BIODIVERSITÉ

Le territoire dispose de 104 000 hectares de forêt, 90 000 hectares d'arbustes et 55 200 hectares de zones de haute montagne sur la cordillère des Andes appelée « Paramo ». L'expansion des zones urbaines a affecté l'environnement en raison de la réduction de la couverture végétale et sa conservation. La plus grande partie de la végétation se trouve en zone rurale et selon le rapport de Quito vision 2024, les zones de végétation ont diminué de plus de 10%. L'utilisation des produits chimiques et pétroliers constitue le plus grand risque pour la biodiversité, il a été estimé que plus de 88 000 hectares sont soumis à la dégradation du sol végétal. La mise en place de nouvelles formes de mobilité durables aidera la biodiversité à retrouver son éclat. En effet, l'extraction de pétrole provoque beaucoup de dégâts environnementaux (Mongabay, 2022) . Pour contrer cette tendance, la ville de Quito a investi 117 millions de dollars ce qui représente environ 10% du budget général. Ce programme a été reparté par type de projet illustré dans le tableau 6.

Tableau 6 : Programme d'investissement en durabilité

PROGRAMA	PRESUPUESTO CODIFICADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	% FRENTE AL PRESUPUESTO GENERAL EJECUTADO
Agua potable	37 458 671.53	35 347 946.9	2.95
Cero residuos	69 669 730.25	48 623 985.91	4.06
Ciudad sostenible	73 435.14	69 737.06	0.01
Prevención, control y regulación ambiental	328 961.38	259 863.63	0.02
Red verde urbano rural	315 082.05	270 086.11	0.02
Subsistema Metropolitano de Áreas naturales Protegidas y Corredores Ecológicos	213 325.92	200 285.31	0.02
Saneamiento	35 020 775.50	32 477 181.62	2.71
Total	143 079 981.77	117 249 086.60	9.79

Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

Un des plus grands défis pour la ville est de réduire sa contamination et son impact sur l'environnement, le transport reste tout de même la principale source de pollution à cause de l'utilisation de l'essence et du diesel. Selon le comité d'experts de Como Vamos Quito (2021), il existe une réelle urgence quant à une alternative de mobilité durable qui permettra de réduire les émissions liées aux combustions fossiles. Il est important de promouvoir cette conscience environnementale pour que les citoyens suivent cette tendance et pour que la ville puisse bénéficier d'un environnement durable à long terme.

3.1.6 LA MOBILITÉ

La mobilité à Quito est un sujet très sensible surtout pour le transport public. Aujourd'hui, des centaines de milliers de Quitoños vivant dans les périphéries et n'ayant pas de véhicule propre sont enclins à parcourir des kilomètres avant de trouver un point de transport public. Cette instabilité de mobilité et l'augmentation du parc automobile national ont provoqué des embouteillages interminables lors des heures de pointe. À Quito, plus de 5 millions de voyages sont parcourus à la journée et selon les données partagées par l'INEC, les transports motorisés font partie de plus 85% de la mobilité. Des alternatives plus durables sont souvent évoquées pour réduire les congestions comme la mobilité non motorisée, mais ces pratiques ne représentaient qu'une petite partie du mode de transport jusqu'à l'année 2019. Lors de la pandémie, la municipalité de la ville s'est rendu compte de l'importance d'une mobilité durable et a mis en place un réseau de pistes cyclables pour favoriser ce mode de transport qui est bien évidemment écologique et réduit aussi le risque de contagion. Bien que le transport non motorisé représente 15 % aujourd'hui, la ville est plus réceptive à cette tendance et selon l'information obtenue par la faculté de sciences sociales (FLASCO) l'utilisation du vélo a augmenté de 650%. Avant la pandémie, les citoyens réalisaient en

moyenne 30 000 voyages par jour et cette année 196 000 voyages ont été enregistrés. Dans le tableau numéro 6, nous pouvons constater une forte augmentation du transport à vélo après la pandémie, le transport à pied a également augmenté de 5 points par rapport à l'année 2020. Bien que le transport public représente la plus grande partie des moyens de transport utilisés par un Quiteño, son utilisation a quant à lui diminué fortement.

Tableau 7 : Variation du moyen de transport utilisé avant et après COVID

TIPO DE MEDIO DE TRANSPORTE	ANTES DE LA PANDEMIA	POSPANDEMIA	VARIACIÓN
A pie	7.80 %	12.80 %	5.00 %
Bicicleta	0.50 %	9.10 %	8.60 %
Público	73.80 %	55.20 %	-18.60 %
Carro propio	7.90 %	10.30 %	2.40 %
Motocicleta	2.20 %	2.60 %	0.40 %
Recorrido Institucional	4.40 %	5.70 %	1.30 %
Taxi	1.00 %	1.60 %	0.60 %
Uber/ Cabify	2.40 %	2.60 %	0.20 %

Source : Quito cómo vamos (2021). *Informe de calidad de vida 2021*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

TRANSPORT PRIVÉ

À Quito, 500 000 véhicules particuliers sont à usage privé. Selon les données recensées par Quito Cómo Vamos (2021), un ménage dispose en moyenne 3 véhicules particuliers, mais cette quantité est bien évidemment inégale. Dans le tableau n°8, nous remarquons que la commune d'Iñaquito; située aux alentours du centre-ville est celle qui englobe la plus grande quantité de véhicules privés par ménage possédant 3 voitures en moyenne. La commune de « comité del Pueblo » faisant partie des quartiers nord de la ville, a une population possédant en moyenne 1 moto et plus d'un véhicule par famille. Les communes de Carcelén y La Ecuatoriana provenant des quartiers du sud, ne disposent d'aucun véhicule par ménage.

Tableau 8 : Taux de véhicules à usage privé en fonction des zones de Quito

LUGAR	TASA DE VEHÍCULOS
Iñaquito	372 por cada 1000 habitantes (concentra la mayor cantidad de hogares con 2 o más vehículos)
Comité del Pueblo	126 por cada 1000 habitantes. Adicionalmente, en esta zona la mayoría de hogares cuenta con 1 motocicleta por familia, ascendiendo al 13%.
Carcelén y La Ecuatoriana	La mayoría de hogares no dispone de ningún vehículo

Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

Nous constatons que dans les quartiers du sud les personnes ne disposent pas de véhicules propres, cela peut se traduire par le faible pouvoir d'achat des habitants de ces zones, dû aux inégalités sociales.

LE TRANSPORT PUBLIC

Le transport public représente 83% de la mobilité à Quito (Quito cómo vamos, 2020). Iñaquito, faisant partie des quartiers centraux de la ville, correspond à plus de 56% du transport en commun avec plus de 3.4 millions de transports journaliers. Pour quantifier ces données, la flotte du transport public atteint plus de 11 000 véhicules dont :

- 6 517 sont des bus scolaires et institutionnels
- 3 219 du transport conventionnel
- 397 des bus
- 350 des bus touristiques.

Nous remarquons que le transport public est majoritairement constitué de bus scolaires qui sont principalement pratiqués par des coopératives privées à un tarif moyen de 0,35\$ par transport. Nous voyons ici clairement la faible part de l'état sur l'investissement en transport public. En effet, il existe de nombreux indépendants qui achètent des bus avec des itinéraires journaliers qui doivent être accordés par la municipalité de la ville. Cette pratique est très répandue dans la ville, car elle favorise le transport des citoyens.

Le transport en commun public compte 24 lignes réparties dans la ville de Quito. Malheureusement, il n'existe pas de données fiables sur la couverture totale du transport public en raison de la liberté accordée aux indépendants de s'y intégrer. Cependant, la mairie a partagé une carte approximative de ce qui l'englobe.

Figure 10 : carte du transport public de Quito



Source : Secretaria General de Planificación (2022). *Sistema metropolitano de transporte*. Récupéré de <https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/mapa-sistema-metropolitano-transporte/>

La création du métro à Quito a débuté en 2008 à l'issue d'un accord entre un investissement espagnol et la ville. En effet, l'entreprise ibérique a dépensé plus de 2 000 millions de dollars pour cette œuvre et l'État équatorien a investi 230 millions de dollars. L'objectif de cette infrastructure est d'améliorer la mobilité, réduire la pollution et diminuer le temps de transport. Actuellement, un voyage moyen fait 1h30 et grâce au métro celui-ci pourra être réduit à 30 minutes. Le métro sera composé de 15 arrêts répartis sur une longueur de 23 kilomètres qui traverseront toute la ville en commençant par la station « Labrador » dans la zone sud jusqu'au terminal de « Quitumbe ». Le prix du trajet est encore à définir, car il doit être rentable et abordable pour le citoyen.

Ce projet fait beaucoup parler dans le pays, car il n'a toujours pas de date fixe sur l'inauguration après 14 ans de gros œuvres. Cela fait des années que cette promesse a été faite, mais le système de transport souterrain n'a toujours pas de date de mise en service. Les journaux nationaux disent que l'inauguration sera faisable pour fin 2022, mais le directeur n'ose pas encore fixer de date d'ouverture. Bien que les travaux soient achevés à 99%, on ne sait toujours pas comment le réseau sera exploité en terme technique et d'organisation du personnel.

L'INVESTISSEMENT EN MOBILITÉ

Selon les données de la municipalité, Quito a dépensé plus de 283 millions de dollars pour l'amélioration de la mobilité soit 23% du budget total de la ville. Le tableau n°7 nous montre que les plus gros programmes d'investissements ont été dédiés au Metro de Quito avec 230 millions de dollars et la mobilité non motorisée avec 155 000 dollars. L'apport dans la sécurité de mobilité représente moins de 1,5 million de dollars ce qui peut traduire l'actuelle insécurité dans rues et trottoirs.

Tableau 5 : Montants investis en mobilité en 2019

PROGRAMA	PRESUPUESTO CODIFICADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	% FRENTE AL PRESUPUESTO GENERAL EJECUTADO
Gestión del tráfico	5 821 798.87	4 214 126.77	0.35
Mejoramiento y mantenimiento del espacio público	33 389 95.70	28 441 815.79	2.37
Metro de Quito	571 462 292.94	230 581 446.87	19.25
Movilidad no motorizada	416 140.00	155 503.68	0.01
Movilidad segura	5 129 367.94	1 451 633.76	0.12
Red vial, conectividad y accesibilidad	23 929 806.20	18 187 682.48	1.52
Total	640 149 358.65	283 032 209.35	23.62

Source : Quito cómo vamos (2020). *Informe de calidad de vida 2020*. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

Selon Quito Cómo Vamos (2021), la ville doit davantage promouvoir le transport non motorisé comme le vélo ou la marche, mais pour cela elle doit améliorer les infrastructures des moyens de transport afin d'assurer une mobilité sûre et durable. La mobilité non motorisée telle que la marche ou le vélo semble être le futur du transport à Quito, en effet, la ville a investi 155 000 dollars pour la création de pistes cyclables. Bien que le transport à usage privé connaît un accroissement de 3% après COVID, nous voyons que la ville est actuellement focalisée sur le métro de Quito, la sécurité et la mobilité non motorisée.

3.1.7 LA SÉCURITÉ

Bien que la mairie de Quito ait investi dans les infrastructures pour couvrir la mobilité du transport routier, les rues et trottoirs sont encore à améliorer. À cause du manque d'investissement dans la mobilité sécurisée, les femmes sont souvent discriminées et abusées sexuellement. En 2019, le parquet de police a répertorié 3 116 plaintes liées à des violences dans la rue. La sécurité est une de plus grande préoccupation des résidents de la ville et elle doit plus que jamais garantir des conditions adéquates dans les espaces publics et les quartiers. La sécurité des citoyens est essentielle pour la croissance de la ville, car si la confiance n'y est pas, la société devra migrer ou réduira son temps dans les espaces publics.

En accord avec l'agence métropolitaine de transit (AMT), les véhicules ayant des problèmes techniques sont majoritairement les bus et les taxis. En effet, en 2019 plus de 4536 sinistres ont donné lieu à environ 200 morts. Les vols sont malheureusement un sujet à prendre en compte également, car en relation avec les données reportées, il y a eu plus de 3 300 vols de véhicules en 2019. Cette inquiétude met en garde la pénétration des véhicules électriques, car si la ville n'investit pas en sécurité, les gens seront moins enclins à acquérir une voiture électrique, car de plus, ce type d'engin est vu comme un objet de luxe.

3.1.8 L'ÉCONOMIE DES QUITÉÑOS

L'industrie de l'agriculture, la pêche et le pétrole sont les activités les plus importantes en Équateur, même si les activités financières, de l'enseignement et de communication ont énormément contribué au développement du pays.

La province de Pichincha, région de Quito, a généré plus de 40%⁵ des ventes du pays et a assuré plus de 33% de l'emploi au niveau national ce qui équivaut à une masse salariale de 10 milliards de dollars. En matière d'exportations, les produits les plus vendus par la ville au

⁵ Pour plus de détails voir lien : https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

niveau international sont les fleurs (732 M), les huiles et extraits végétaux (266 M) et le bois contreplaqué (123 M). L'investissement étranger est essentiellement concentré à Quito et Guayaquil où l'activité principale est l'exploitation de minerais et la production de manufactures. La valeur ajoutée brute mesure le total généré par un secteur et le transport fait partie des économies qui ont le plus apporté à la ville. En effet, le commerce des véhicules motorisés et de réparation représente plus de 30% du total des entreprises à Quito soit 543 établissements sur 1769⁶.

LE MARCHÉ DU TRAVAIL

La population active à Quito compte 1,8 millions de personnes dans lequel 48% sont dédiés aux services (logement, alimentation, transport, maintenance, recherches scientifiques, services techniques, administratifs et services aux logements), 22% au commerce et réparation de véhicules, 12% aux industries manufacturières, 8% en construction et 8% en administration publique.

Cette analyse nous montre que le secteur automobile est un secteur bien présent à Quito ce qui augmente le potentiel de l'arrivée des véhicules électriques dans le pays. Nous avons vu précédemment que le pays a mis en place une stratégie de mobilité électrique au niveau national et dans la suite de ce chapitre nous aurons une idée plus précise du degré d'adoption de la voiture électrique grâce à notre étude quantitative.

En Équateur, il existe différents indicateurs qui mesurent le marché de l'emploi à savoir :

- L'emploi adéquat
- Le sous-emploi
- Le chômage

L'emploi adéquat peut se définir comme un emploi sûr et payé en fonction du marché du pays, ce dernier représente 36,7% de la population de Quito. Le sous-emploi quant à lui est un emploi « intérim » qui n'est pas sûr à long terme et qui est souvent sous-payé. Enfin, le taux de chômage dans la ville est de 9,1%. Ces chiffres ne sont pas très précis, car à Quito, il existe une économie dite « informelle » composée de commerçants qui vendent principalement des vêtements et de la nourriture. Selon une enquête (ENEMDU, 2020), le travail informel représente plus de 13% de la population active à Quito soit plus de 9 000 commerçants.

⁶ Voir p97 https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

3.2 VIABILITÉ DU MARCHÉ CIBLE

3.2.1 PROCESSUS

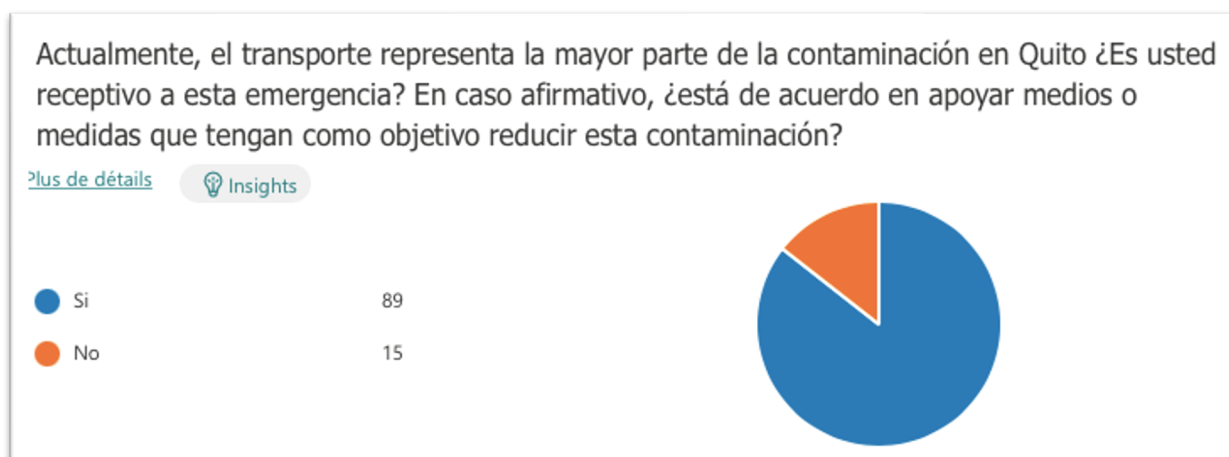
Afin de comprendre le degré d'appréciation des véhicules électriques à Quito, une enquête a été réalisée pour obtenir des informations réelles directement du marché ciblé. L'enquête a été réalisée en ligne grâce au programme « Office Form ». Afin de viser exclusivement les habitants de la ville de Quito, nous avons débuté le questionnaire par des questions filtres comme « Êtes-vous majeur ? » ou « Habitez-vous à Quito ? ». L'enquête a été partagée sur des groupes Facebook des habitants de la ville. Le premier est « Mercado Libre » qui contient plus de 76 000 membres. Le deuxième groupe est « Classificados Quito » avec plus de 40 000 membres. Nous avons réussi à récolter 104 questionnaires valides une population estimée à plus de 3 millions d'habitants. Pour représenter nos données d'un point de vue scientifique, nous nous sommes inspirés de la méthode de calcul de SurveyMonkey (s.d) pour calculer notre degré de confiance. Il est dit qu'une marge d'erreur de 10% correspondrait à 97 enquêtes sur une population d'au moins 1 million d'habitants. Comme nous sommes au-delà de ce nombre, nous pouvons dire que notre enquête a une marge d'erreur de 10% soit un degré de confiance de 90 %.

3.2.2 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Les résultats sont définis par des pourcentages avec des questions ouvertes, fermées et à choix multiples. Nous illustrerons ci-dessous les réponses les plus pertinentes à notre problématique, l'intégralité de l'enquête se trouve dans l'annexe 2.

- 1) Actuellement, les transports sont responsables de la majeure partie de la pollution à Quito. Êtes-vous réceptifs à cette urgence ? Si oui, acceptez-vous de soutenir des moyens ou des mesures visant à réduire cette pollution ?**

Figure 11 : degré de conscience de la contamination du transport à Quito

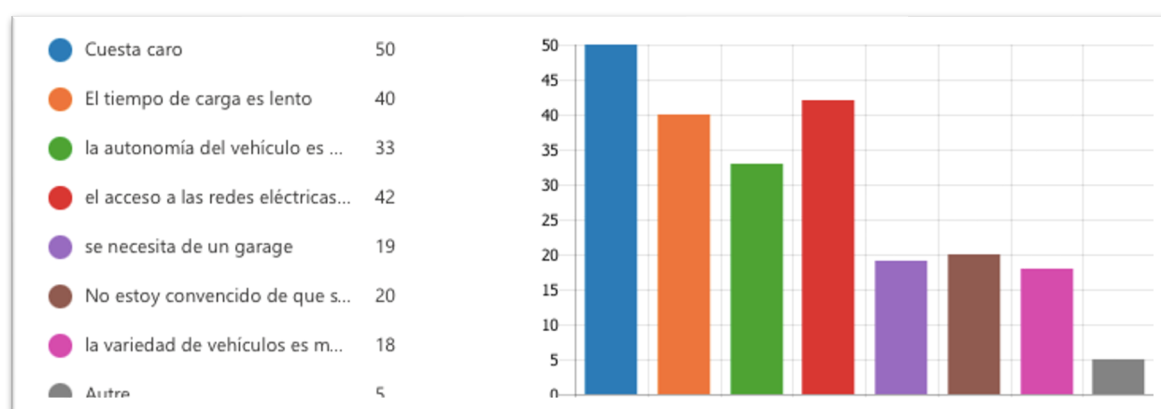


Source : Auteur

Dans la figure 11, 86% des personnes sont réceptifs à cette urgence et 14% ne sont pas réceptifs.

2) À votre avis, quels sont les obstacles qui empêcheraient quelqu'un d'acheter une voiture électrique ?

Figure 12 : Obstacles à l'achat d'une voiture électrique



Source : auteur

Dans cette question, nous voyons que le prix est un facteur important pour les Quiteños. En effet plus de 50 personnes pensent que les prix sont trop élevés. Parmi les barrières importantes pour les habitants de la ville, nous retrouvons également la pénurie des points de recharge et la faible autonomie des véhicules électriques. En ce qui concerne les obstacles les moins importants, nous retrouvons le besoin d'un garage qui représente moins de 10%. Lors de l'analyse sociodémographique de la ville, nous avons vu que les habitants ont des endroits de stationnement que ce soit en face de leur résidence ou dans leurs garages ce qui est un avantage pour l'arrivée des véhicules électriques dans la ville.

3) Pensez-vous que le véhicule électrique serait une alternative qui contribuerait à une mobilité plus durable pour le transport urbain ? Sinon, quelle autre alternative ?

La majorité des personnes (73%) pense que la voiture électrique contribuerait à une mobilité plus durable pour le transport urbain. C'est une bonne chose, car cela nous fait comprendre que les Quiteños sont réceptifs à cette nouvelle forme de mobilité. Pour les personnes qui ne sont pas d'accord avec la question (27%), ces derniers pensent principalement que le transport public électrique est l'alternative à une mobilité durable, ils font peut-être référence au métro de Quito. Le vélo est également une alternative très importante pour les Quiteños, en effet, plus de 60% des personnes ayant coché la case « NO » sont réceptifs à cette nouvelle forme de mobilité durable. Les autres formes de mobilité proposées comme la trottinette électrique ou le scooter électrique n'ont pas du succès auprès des citoyens.

4) Si le gouvernement met en place des initiatives telles que des exonérations fiscales ou des écobonus avec la possibilité de donner votre voiture ancienne pour l'achat d'une voiture électrique, seriez-vous intéressé par l'achat de ce type de véhicule ?

Pour cette question, 73% de personnes sont réceptifs. Cela veut dire que la mise en place d'autres mesures pourrait favoriser l'achat de voiture électrique.

5) Quel type de véhicule vous intéresse ?

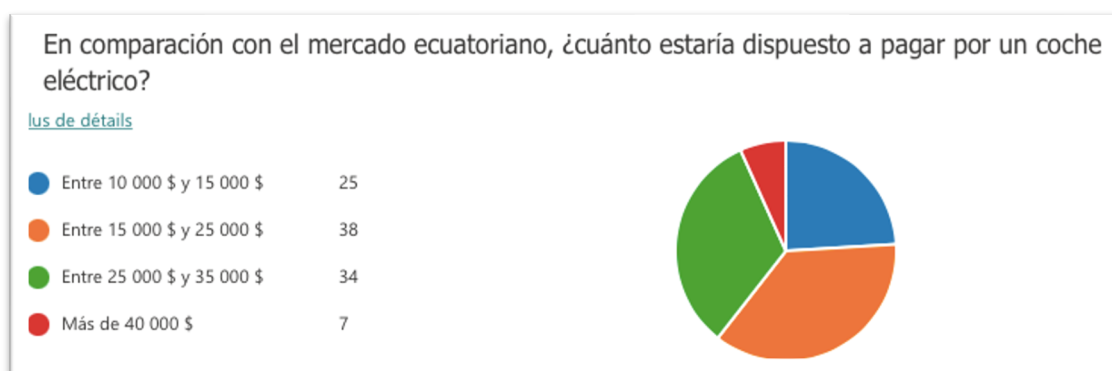
Pour cette question, la plupart des répondants préfèrent les SUV, en effet, ce type de véhicules est très tendance dans le pays et dans la ville (40%). Les berlines et les pick-up sont aussi des véhicules demandés par les citoyens. Cependant, les petites voitures de type citadines ne sont pas très demandées par la Quiteños.

6) Le parc de véhicules est essentiellement asiatique et américain. Pensez-vous que les véhicules européens pourront s'imposer sur le marché équatorien, étant donné qu'ils représentent aujourd'hui moins de 7%?

93% des personnes pensent que les véhicules européens gagneront en part de marché sur le territoire équatorien. En effet, nous avons vu que le pays a récemment conclu des accords commerciaux avec l'Europe, c'est pourquoi les véhicules européens sont de plus en plus nombreux en Équateur. Pour les personnes qui ne sont pas d'accord avec la question, la plupart de ces personnes disent que les voitures chinoises sont meilleures en rapport qualité-prix.

7) Par rapport au marché équatorien, combien seriez-vous prêt à payer pour une voiture électrique ?

Figure 13 : Le prix disposé à payer pour une voiture électrique



Source : Auteur

En ce qui concerne le prix, plus de 60% des personnes sont disposées à payer entre 15 000 et 35 000 dollars. Nous voyons dans la figure 11 que plusieurs personnes prêtes à payer maximum 15 000 dollars pour un véhicule électrique. Enfin, pour les prix supérieurs à 40

000 dollars, 7% des personnes seraient prêts à déboursier cette somme pour ce type d'engin.

Nous constatons que les Équatoriens sont ouverts à la voiture électrique mais présentent encore des réticences au niveau du prix et à la pénurie des points de recharge. Dans la prochaine partie, nous analyserons le potentiel des points de recharge afin de comprendre pourquoi les citoyens pensent de cette manière. De plus, nous essayerons de démontrer qu'un véhicule électrique peut être plus avantageux financièrement parlant qu'une voiture à combustion grâce aux incitants et normes mises en place par l'État.

3.2.3 RÉSUMÉ DU CHAPITRE 3

Comme nous avons ciblé la Ville de Quito, les données sociodémographiques ont été analysées. La ville se voit comme étant l'épicentre économique du pays. Malheureusement, les inégalités sociales font que la richesse et le pouvoir d'achat sont localisés dans les quartiers du centre et du nord en dépit des quartiers sud. Il aurait été intéressant de mesurer le marché potentiel, mais il n'existe aucune donnée qui nous permettrait d'évaluer la part de la population au-dessus d'un certain revenu qui pourrait se permettre d'acheter une voiture électrique. La thématique du logement est un point qui favorise l'arrivée des véhicules électriques à Quito, car tous les habitants bénéficient de prises électriques ce qui n'était pas le cas auparavant. De plus, plus de la moitié des habitants possèdent leurs propres maisons de 3 à 4 façades ce qui permet une recharge à domicile plus optimale. Comme dans presque toutes les villes, le transport fait partie des plus grands défis contre la pollution de l'air. En ce qui concerne Quito, plus de 40% de la pollution de l'air est produite par les moyens de transport ce qui n'est pas anodin. Pour contrer cette hausse de pollution et réduire l'impact sur l'environnement, la ville a investi dans des projets de mobilité durable.

Le premier est le métro de Quito, qui devrait être opérationnel pour fin 2022. Ce projet devra faire face à une augmentation de la consommation en électricité, ce que nous aborderons dans le chapitre suivant. Nous avons vu lors de l'analyse de différents modes de transport que les transports en commun sont majoritairement privés comme le projet du métro Quito où la ville a participé à hauteur d'environ 10% de l'investissement total. Il s'agit d'un thème qui fait beaucoup réagir, car l'état du transport public est de mauvaise qualité à cause du manque d'investissement des services publics. Même si la ville a investi pour l'amélioration des espaces publics et la sécurité dans les transports, selon Mauricio Alarcon (Quito Cómo Vamos, 2021), ce n'est pas suffisant. Afin que Quito puisse retrouver un réseau de transport public à la hauteur, elle doit davantage investir dans les années qui suivent. Dans les données récoltées sur les investissements en mobilité, nous constatons également que la ville commence à investir dans la mobilité non motorisée, en effet elle a investi 155 000 dollars en 2019, soit près de 1% du budget en mobilité. Ce projet a eu un impact positif, car le transport en vélo a augmenté de 10% après la pandémie du COVID 19. Le métro reste quand même le plus grand projet en termes de mobilité, en effet plus de 230 000 millions de dollars ont été investis soit plus de 75% du budget total lié au transport.

Les enquêtes réalisées nous montrent que les Quiteños sont réceptifs à cette nouvelle forme de mobilité. En effet, la majorité des répondants pensent que les véhicules électriques sont une bonne alternative de mobilité pour combattre la pollution de l'air. De plus, ces derniers sont sensibles à propos de la mise en place d'autres incitants qui permettraient d'impulser l'achat des véhicules à induction. Dans les barrières à cette nouvelle forme de mobilité nous retrouvons principalement le prix (achat, coût de maintenance), l'autonomie de recharge et la pénurie des bornes de recharge. Enfin, les citoyens sont ouverts aux véhicules européens. Auparavant, la voiture européenne était vue comme une voiture impayable, mais grâce aux

accords commerciaux entre l'Europe et l'Amérique latine, les prix des voitures du vieux continent ont considérablement diminué.

En conclusion, nous pouvons affirmer que la ville est consciente de cette nécessité à changer son type de mobilité dans un transport plus durable notamment grâce aux divers investissements liés à la mobilité électrique et la mobilité non motorisée. Actuellement, la ville priorise l'implémentation du métro qui devrait être inauguré pour fin 2022. La thématique de la voiture électrique est un projet plutôt fédéral, en effet, selon les données récoltées par Hincio (2021), le pays veut mettre en circulation 10 000 véhicules pour 2025. Le chapitre suivant sera axé sur l'analyse de la viabilité technique et économique. En effet, nous analyserons le réseau électrique, le réseau de bornes de recharge et le coût opérationnel de l'utilisation d'une voiture électrique. Cette étude nous permettra d'affirmer ou non le potentiel de l'arrivée des véhicules électriques en Équateur du point de vue technique et économique.

CHAPITRE 4

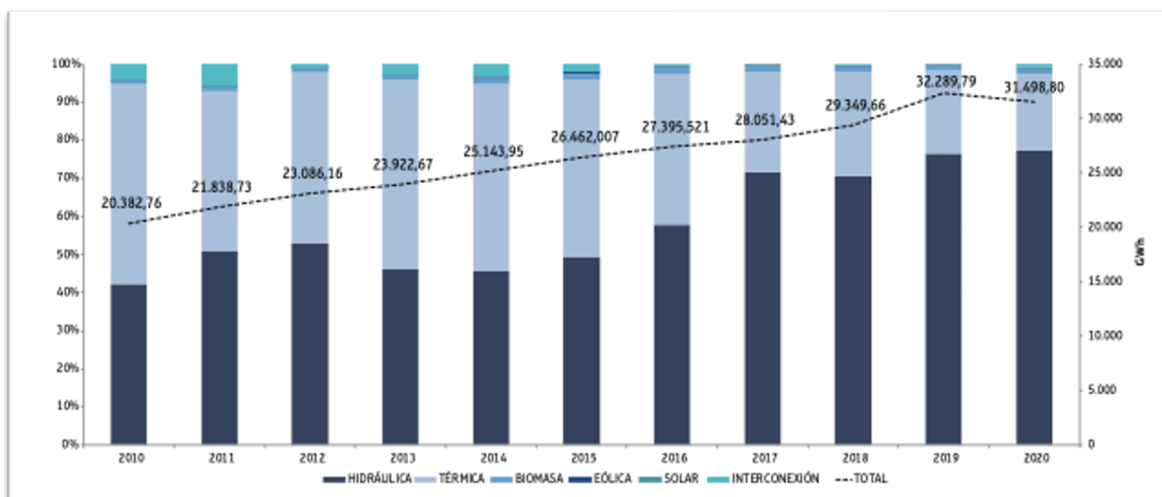
4.1 VIABILITÉ TECHNIQUE

Ce chapitre est axé sur l'étude du réseau électrique national prévisionnel. En effet, l'arrivée de nouvelles tendances comme l'utilisation de la voiture électrique requiert une augmentation de la consommation en électricité. Nous verrons si le pays sera en mesure de satisfaire l'utilisation de ces nouvelles technologies et cela grâce à la balance énergétique prévisionnelle pour 2025 définie par moi-même. Ces résultats découleront de mes recherches liées à une étude sur la consommation électrique équatorienne (PMDE, 2018) et le potentiel de la production d'électricité par le pays (MERNNR, 2020). Ainsi nous pourrons prévoir la demande électrique dans les années à suivre. Après avoir observé le réseau électrique national, nous étudierons également la situation actuelle du réseau des bornes électriques dans le but de connaître le type de recharges disponibles dans le pays en matière de puissance et compatibilité avec les voitures électriques en circulation. Enfin, pour la dernière partie de ce chapitre, nous calculerons le coût total d'utilisation (TCO) d'une voiture électrique et nous le comparerons à une voiture à combustion. Ce calcul nous permettra de démontrer l'avantage économique à long terme entre un véhicule électrique et une voiture à combustion en Équateur.

4.1.1 LA PRODUCTION ACTUELLE

Au cours des dernières années, l'Équateur a augmenté son offre en électricité. La production est passée de 20 000 GWh en 2010 à 31 000 GWh en 2020 comme le montre le graphique 5.

Graphique 5 : Évolution de l'offre en électricité en fonction des différentes sources



Source : Ministerio de Energia y Recursos Naturales No Renovables (2020). *Balance energético nacional 2020*. Récupéré <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2020-Web.pdf>

L'offre nationale en électricité est principalement faite par les centrales hydrauliques qui forment plus de 80% de la production, le reste est développé par les énergies thermiques, les panneaux photovoltaïques, le Biogas et les éoliennes. Nous pouvons observer que l'offre électrique totale a diminué de 2019 à 2020 dû à la diminution de la production des énergies thermiques⁷ polluantes. En effet, l'Équateur veut changer son réseau électrique et le rendre plus vert. Cette baisse a permis aux producteurs d'énergies non renouvelables d'investir dans les énergies durables comme les éoliennes, le solaire, mais principalement dans les centrales hydroélectriques. Nous voyons dans le graphique 8, la diminution de la production des énergies non renouvelables au profit des énergies durables entre 2010 et 2020.

En raison d'investissements liés à l'implantation d'installations électriques, le pays a réussi à développer de grandes centrales qui permettent une couverture totale de haute qualité. Au début, l'Équateur importait de l'énergie électrique dans les pays voisins tels que le Pérou et la Colombie, mais grâce à l'augmentation de l'offre en électricité l'importation a diminué de plus de 70% entre 2010 et 2020. Aujourd'hui, l'Équateur exporte de l'électricité dans les pays voisins et selon les données du ministère de l'Énergie il aurait vendu plus de 1 300 GWh.

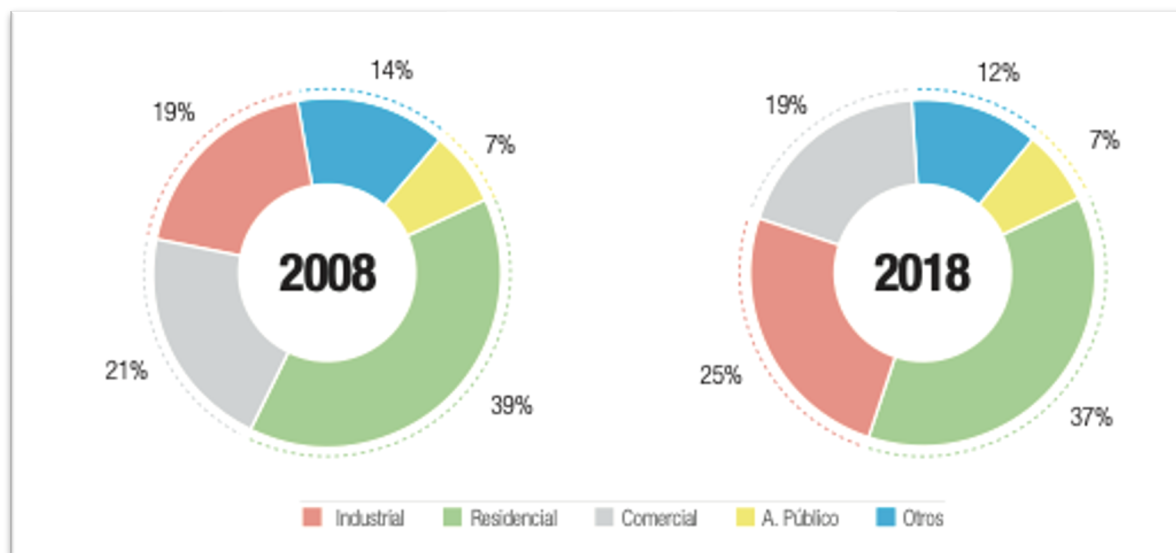
4.1.2 LA DEMANDE ÉLECTRIQUE

L'évolution de la consommation en électricité a connu une croissance stable et selon le gouvernement une hausse moyenne annuelle de 4,15% a été constatée entre 2010 et 2020, en effet, le pays a consommé 15 000 GW (Gigawatt) par heure en 2021(MERNNR, 2020). Aujourd'hui, le réseau électrique équatorien permet de couvrir convenablement la demande en électricité, mais qu'en est-il de la consommation future ?

Une étude sur l'évolution de la consommation en électricité (Ministerio de energia 2020) a été réalisée en fonction des informations historiques, politiques et économiques. Selon le rapport, les habitants consommeront davantage d'électricité en raison de l'augmentation des activités commerciales, industrielles et l'arrivée d'objets utilisant de l'électricité comme les cuisines à induction ou les voitures électriques. Le graphique 10 nous montre les taux de consommation en fonction des groupes de dépenses entre 2008 et 2018. Nous pouvons voir que la plus grande part est dédiée aux dépenses résidentielles suivies par les activités industrielles. Le secteur commercial se trouve en 3^e position et l'éclairage des rues représente la plus petite partie en termes de consommation.

⁷ Pour plus d'informations voir site : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-thermique-8185/>

Graphique 6 : Évolution de la répartition de la demande par groupe entre 2008 et 2018.



Source : Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2020). *Estudio de la demanda eléctrica*. Récupéré de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELÉCTRICA.pdf>

PROJECTION DE LA DEMANDE NATIONALE PAR CATÉGORIE POUR 2025

La projection de la demande étudiée se fera pour 2025 afin d'être en accord avec la stratégie de mobilité électrique, il s'agit d'une projection à court terme.

- Il a été projeté que le **secteur résidentiel** atteindra 5,4 millions d'utilisateurs en 2025 soit une valeur de 10 256 GWh
- On estime que le **secteur commercial** touchera 610 000 clients pour 5 714 GWh
- Le **secteur industriel** atteindra 151 000 personnes pour 14 275 GWh
- 1 786 GWh sont estimés pour l'**éclairage public**

Après analyse de ces chiffres, nous voyons qu'en 2025 les industries consommeront plus d'électricité pour faire fonctionner leurs activités, car elles s'élèveront à 45% des dépenses totales. Le secteur résidentiel quant à lui couvrira une plus petite partie avec un taux de 17%. Enfin, le pays serait face à une consommation totale de 32 031 GWh en 2025.

En raison de l'émergence de nouvelles formes de mobilité, la dépense d'électricité augmentera davantage. Dans les projets, nous retrouvons le métro de Quito, le réseau de mobilité électrique et l'arrivée des véhicules électriques sur le territoire. Dans le tableau 6, nous pouvons apercevoir les besoins en énergie pour les différents projets. En ce qui concerne les véhicules électriques, le pays aura besoin 17 000 GWh pour le transport de masse (Bus, taxi et camions légers de charge) et 49 000 GWh pour les véhicules légers. De plus, bien que

la date d'inauguration du métro de Quito est prévue pour fin 2022, il a été estimé que le fonctionnement du métro consommera 105 000 GWh chaque année.

Tableau 6 : Besoins en puissance et énergie pour le secteur du transport au niveau national

Proyecto	Unidad	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Metro-Quito	MW	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Metro-Quito	GWh	-	53	105	105	105	105	105	105	105	105
Tranvía-Cuenca	MW	-	1	2	3	3	3	3	3	3	3
Tranvía-Cuenca	GWh	-	2	6	11	11	11	11	11	11	11
Electromovilidad	MW	1,3	1,4	2	2	2	2	2	2	4	4
Electromovilidad	GWh	8	13	16	16	17	17	17	17	30	32
Vehículos Eléctricos	MW	0	0	1	2	2	3	5	6	6	7
Vehículos Eléctricos	GWh	1	3	9	17	21	30	42	49	56	63
Quito Cables	MW	-	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Quito Cables	GWh	-	3	9	10	10	10	10	10	10	10

Source : Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2020). *Estudio de la demanda eléctrica*. Récupéré de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELÉCTRICA.pdf>

Grâce à la loi d'efficacité énergétique instaurée en 2019, le ministère estime une économie d'énergie de 43 000 GWh en 2025. En effet, elle pourra être diminuée moyennant les mesures suivantes :

- Un programme de remplacement des équipements résidentiels les plus énergivores
- Un programme de remplacement des équipements d'éclairage public les plus énergivores
- Un programme pour la mise en œuvre de la norme ISO 50001 dans les industries à forte consommation d'énergie

Si nous additionnons la consommation prévue pour 2025 et nous soustrayons les économies en énergie électrique nous arrivons à une dépense nette de 160 031 GWh, en prenant compte l'hypothèse que le métro de Quito sera opérationnel fin 2022. La question que nous nous posons maintenant est : le réseau électrique national sera-t-il en mesure de couvrir la demande massive d'électricité ?

4.1.3 PLAN D'EXPANSION DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE NATIONAL

Afin de couvrir la demande d'électricité future, les réseaux électriques doivent augmenter leurs capacités énergétiques. Selon le plan d'expansion établi par le gouvernement, plusieurs projets sont en cours. Le pays compte aujourd'hui 521 centrales électriques dont 317 sont renouvelables. Le réseau électrique dispose également d'interconnexions internationales en Colombie moyennant une puissance de 525 MW et au Pérou où la puissance mesurée est de

110 MW. En égard de la volonté à réduire les consommations de CO², l'Équateur a investi dans des centrales d'énergie renouvelable. En effet, entre 2017 et 2018 plusieurs infrastructures ont été incorporées dans le réseau national à savoir :

- Centrale hydraulique de Minas-San Francisco : 274,50 MW
- Centrale hydraulique de Delsitanisagua : 180,00 MW
- Centrale hydraulique de Due : 49,71 MW
- Centrale hydraulique de Normandia : 39,58 MW
- Centrale hydraulique de Pusuno : 38,25 MW
- Centrale hydraulique de Topo : 29,2 MW
- Centrale hydraulique de Sigchos : 18,39 MW
- Centrale Hydraulique de Maza Dudas Alazan : 6,23 MW
- Centrale de biogaz Pichacay : 1 MW

Aujourd'hui, ces nouvelles constructions permettent au pays de produire 3 000 GWh chaque année. Il faut noter que ces installations sont opérationnelles que depuis peu et ne sont pas à leurs capacités maximales.

Le plan d'expansion de génération parle également d'un potentiel viable qui permettrait au réseau électrique d'augmenter la production d'énergie dans le pays grâce à des ressources présentes qui ne sont pas encore développées à leur maximum, ces dernières sont les suivantes :

- **Ressources hydrauliques** : Ces nouvelles infrastructures ont un potentiel réalisable estimé à 104 000 GWh
- **Ressources géothermiques** : Ce projet est encore en phase de test, mais selon l'Atlas Bioénergétique d'Équateur, cette ressource pourra produire plus de 12 000 GWh.
- **Ressources solaires** : En 2020, L'Équateur a lancé un projet de construction de panneaux voltaïques dans l'île des Galapagos. L'infrastructure n'est pas encore opérationnelle, mais selon les statistiques partagées par le ministère de l'Énergie, cette infrastructure produira 40 GWh.
- **Ressources éoliennes** : La construction de la centrale éolienne « VILLONACO » a débuté en 2011 et vient d'être inaugurée en février 2022. D'après le ministère de l'Énergie, cette infrastructure propose une énergie nette de 651 GWh depuis son début.
- **Ressources en biomasse et autres sources d'énergie** : Selon l'Atlas bioénergétique du pays, le potentiel de production énergétique des résidus alimentaires tels que la Palme, le riz et la canne à sucre sont estimés à 3 600 GWh.

4.1.4 2 SCÉNARIOS PRÉVUS

Pour le réseau électrique national, nous constatons que le pays a une grande volonté à augmenter sa capacité énergétique grâce à des ressources renouvelables. Le gouvernement mise particulièrement sur les centrales hydrauliques et nous le voyons grâce aux divers investissements réalisés. Pour le calcul de la balance énergétique prévisionnelle, deux scénarios sont définis.

PROJECTION OPTIMISTE

Comme dit précédemment, le pays doit faire face à une augmentation de consommation évaluée à 160 021 GWh en prenant l'hypothèse que le métro de Quito sera opérationnel pour fin 2022 et grâce aux observations le pays pourrait produire théoriquement 120 000 GWh en 2025. Dans le tableau 10, nous pouvons voir la balance énergétique qu'entraîneraient la production et la consommation future moyennant le premier scénario.

Tableau 7 : Balance commerciale projection avec le métro de Quito opérationnel à 100%

Hypothèse de balance énergétique en 2025	
Consommation Hypothétique	160 021 GWh
Production Hypothétique	120 000 GWh
Balance	-40 021 GWh

source : auteur

Nous pouvons voir que dans ce scénario la balance est négative. Pour contrer ce déficit, l'Équateur devra acheter de l'électricité dans les pays limitrophes. Lors de l'analyse du réseau électrique du pays, nous avons vu que le réseau est déjà interconnecté avec le Pérou et la Colombie, ce qui permettra une plus grande facilité d'achat si cette hypothèse s'avère être exacte.

PROJECTION PESSIMISTE

Si le métro de Quito n'est toujours pas opérationnel en 2025, la balance commerciale sera positive, car dans ce cas, la consommation que le métro de Quito entraînerait en 2025 ne sera pas prise en compte. Dans le tableau 11, nous pouvons voir le calcul de la balance énergétique

pour la projection pessimiste. En effet, dans cette hypothèse la balance énergétique serait de 64 979 GWh.

Tableau 8 : Balance commerciale sans le métro de Quito

Hypothèse de balance énergétique en 2025	
Consommation Hypothétique	55 021 GWh
Production Hypothétique	120 000 GWh
Balance	64 979 GWh

Source : auteur

Après l'analyse des deux scénarios, nous sommes face à deux dilemmes

- Balance énergétique positive en 2025 si le métro de Quito n'est toujours pas opérationnel
- Balance énergétique négative en 2025 si le métro de Quito est opérationnel d'ici fin 2022

Si nous regardons la projection optimiste, il est sûr que le projet de Quito profitera à tous les habitants de la ville, car ils pourront utiliser un moyen de transport durable et de meilleure qualité. Même si la hausse de la consommation énergétique entraînerait le pays à devoir acheter de l'électricité, ce n'est pas une très grande menace, car ce dernier le faisait auparavant. En effet, le réseau électrique national est déjà interconnecté avec les pays mentionnés précédemment.

Si la projection pessimiste devait avoir lieu, la mobilité électrique souffrirait d'une récession dans le thème du transport, car comme nous l'avons vu lors de l'analyse des données sociodémographiques, la ville a investi une grande partie de son budget liée à la mobilité pour le métro de Quito.

4.2 LE RÉSEAU DES BORNES ÉLECTRIQUES EN ÉQUATEUR

Pour cette partie, nous analyserons le réseau de recharges électrique du pays. Cette étude nous permettra de savoir si le marché propose un nombre suffisant de bornes pour les véhicules en circulation en Équateur. De plus, nous étudierons plus en détail des données techniques comme la puissance ou le type d'adaptateur que propose chaque ville.

Selon Electromaps (2022), il existe 59 bornes de recharge en Équateur avec 5 types de connecteurs. Comme nous l'avons vu lors du premier chapitre, il n'existe pas de norme de recharge universelle pour les véhicules électriques c'est pourquoi nous pouvons apercevoir 8 types de connecteurs dans l'industrie automobile.

Les stations de recharges sont actuellement localisées dans 4 villes à savoir :

- Les îles Galapagos : Dans l'île des Galapagos, il existe actuellement 3 points de recharge de type lente de 7kW/h moyennant le connecteur Mennekes de Type 1. Ces bornes sont localisées dans le port de Ayora, Santa Cruz et le port Baquerizo
- Guayaquil : Guayaquil fait partie de la deuxième ville avec le plus grand réseau de bornes électriques du pays. Il existe actuellement 24 stations de recharge dont plus de 83% sont des recharges de type rapide.
 - Mennekes de type 2 : 18 stations avec une vitesse de recharge de 40 kW/h
 - Mennekes de type 2 : 2 stations avec une vitesse de recharge de 80 kW/h
 - Mennekes de type 1 : 4 stations avec une vitesse de 7 kW/h
- Cuenca : le réseau de recharge de cette ville comporte 3 bornes de recharge de type lente avec une capacité de 7kW/h. Le type de connecteur disponible dans cette ville est le standard Mennekes de type 1.
- Loja : Cette ville située dans le sud du pays propose 3 bornes de recharge de type rapide pouvant aller jusqu'à 40 kW/h/ les types de normes proposées par ces installations sont les connecteurs GB/T. Comme nous l'avons vu lors de l'analyse des différentes normes disponibles, les constructeurs chinois proposent ce type de connecteur.
- Quito : La capitale de l'Équateur compte 26 points de recharge avec en majorité une recharge de type lente. Il s'agit de la ville avec le plus grand réseau de bornes électriques.
 - Mennekes de type 1 : 20 stations avec une vitesse de recharge de 7kW/h
 - Mennekes de type 2 : 2 stations avec une vitesse de recharge de 40kW/h
 - CHAdeMO : 2 stations avec une vitesse de recharge de 50 kW/h
 - CCS de type 2 : 2 stations avec une vitesse de recharge de 50 KW/h

Le réseau de recharge national actuel montre qu'il est composé à 50 % de chargeurs lents de 7 kW conformes à la norme SAEJ1772. La norme de charge rapide Mennekes (40kW) quant à elle, est très répandue dans le réseau national, en effet, plus de 40% de ce type de chargeurs

sont disponibles dans le pays. Cependant, les bornes de recharge rapide de type CHAdeMO, CCS2 ou GB/T sont limitées à 3 % des chargeurs disponibles. Les différents modes de recharge disponibles en Équateur sont donc les modes 3 et 4, car les bornes ont des puissances allant de 7kW à 80kW.

Tableau 9 : Types de connecteurs par quantités

Types de connecteurs disponibles dans le réseau électrique national	
Type de connecteur	Quantité
Mennekes de Type 2	24
Mennekes de Type 1	27
GB/T	3
CHAdeMO	2
CCS de Type 2	2

Source : auteur

Lors du premier chapitre, nous avons illustré les différents types de recharge à savoir : la recharge à domicile et dans les lieux publics. Pour le marché équatorien, le réseau est principalement (80%) constitué de bornes localisées dans les parkings des shoppings et des parcs. Comme le réseau est encore en phase de test, la majorité des bornes sont gratuites. En ce qui concerne les stations de recharge, il en existe actuellement 3. L'entreprise qui propose ce service est Terpel, une société pétrolière colombienne.

Dans la figure 14, nous pouvons apercevoir l'étendue du réseau de bornes électriques qui sont principalement localisées dans les villes mentionnées précédemment. Les points verts illustrent les bornes de recharge disponibles.

Figure 14 : Réseau de bornes de recharge électriques en Équateur



Source : Electromaps (2022). *Charging station on Ecuador*, Récupéré de <https://www.electromaps.com/en/charging-stations/ecuador>

4.2.1 LE RÉSEAU ACTUEL A SUFFISAMMENT DE BORNES ?

Pour analyser cette problématique, il faut d'abord compter le nombre de véhicules électriques en circulation depuis son début. La première voiture vendue date de 2016 lors de l'arrivée de la KIA soul EV (El Comercio, 2016). Le parc automobile de voitures électrique compte actuellement 893 véhicules sur son territoire (Statista, 2022).

Afin de vérifier cette problématique, nous nous sommes inspirés des pays ayant un réseau de charge déjà bien implanté comme le modèle européen. Selon l'Union européenne (2020), le ratio optimal serait d'avoir 1 borne de recharge pour 10 véhicules. Si nous réalisons ce calcul pour le marché équatorien, nous arrivons à un quota de 3 bornes pour 10 voitures. Ce calcul nous montre qu'actuellement le pays a suffisamment de bornes pour la quantité de voitures électriques en circulation.

4.2.2 PROJECTION D'EXPANSION DU RÉSEAU DE BORNES ÉLECTRIQUES DANS LE PAYS

À ce jour, il existe 2 entreprises privées qui participent à l'accroissement du réseau de bornes électriques dans le pays.

La première est la société Terpel. Selon le directeur général de l'organisation (Varus, 2022) l'objectif est d'installer au moins neuf bornes de recharge chaque année, y compris sur la côte reliant Guayaquil à des villes telles que Salinas, Manta et Machala, ainsi qu'à des villes de la Sierra Leone telles que Saint-Domingue, Quito, Ibarra et Cuenca. La première borne de recharge et sa marque "Terpel Voltex" ont été présentées au public le jeudi 7 avril dernier. Les connecteurs proposés par le groupe sont le CHAdeMo, Mennekes de type 2 et CCS de type 1 avec une puissance de recharge de 50kW. Le service de recharge est accessible au public 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, et a un coût moyen 0,25 \$⁸ par kilowattheure. Enfin, les utilisateurs pourront faire le plein de leur voiture à l'aide de l'application mobile. L'entreprise agit donc comme opérateur de bornes et opérateur de mobilité. En effet, les utilisateurs doivent télécharger l'application « Terpel » et s'enregistrer pour pouvoir recharger leurs véhicules.

La deuxième est la société « Condor Energy », une entreprise nationale spécialisée dans la vente de produits de recharge lente et rapide. L'entreprise vend des bornes de recharge à domicile, l'équivalent des produits Sandbox vus lors du 1^{er} chapitre. Ils proposent également la mise en place de points de recharge dans les parkings intérieurs et extérieurs. Enfin, ils proposent également des accessoires comme les chargeurs portables.

À l'heure où j'écris ces lignes, Terpel est actuellement la seule entreprise qui investit dans l'implantation d'un réseau de bornes électriques dans le pays. En effet, Condor Energy n'y fait pas partie, car il s'agit d'une entreprise qui vend des produits aux personnes voulant investir dans le réseau de recharge équatorien. Nous avons vu lors du chapitre 2 que le pays a mis en place une stratégie de conversion en une mobilité électrique. Ce dernier prévoit de mettre en circulation 10 000 véhicules électriques grâce à des incitants vus précédemment. Si nous prenons le ratio de 1 borne pour 10 véhicules, il faudrait avoir 1 000 bornes de recharges d'ici 2025. Si l'entreprise Terpel projette d'ouvrir 9 stations chaque année, le réseau ne pourra pas satisfaire l'arrivée massive de voitures électriques, de ce fait, il faudra donc compter sur les futurs investisseurs nationaux et entrepreneurs étrangers.

4.2.3 LE POTENTIEL DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES SUR LE RÉSEAU DE BORNES DE RECHARGE

Le connecteur de type 1 est le plus répandu en Équateur, en effet plus de 45% des bornes sont constituées de ce type de norme, de ce fait, si ce réseau se développe, les citoyens auront la

⁸ Pour plus d'information voir lien : <https://varusecuador.com/terpel-lanza-plan-electrolineras-para-ecuador/>

possibilité d'acheter des véhicules électriques proposant ce type de connecteurs (Automobile Propre, s.d) à savoir :

- Nissan (homologué au marché américain)
- Mitsubishi iMiev (homologué au marché américain)
- Toyota Prius
- Chevrolet Volt
- Ford Focus
- Tesla (connecteur Tesla)
- Kia Soul EV (homologué pour le marché américain)

Les véhicules d'origines européennes possèdent également d'un très grand potentiel par rapport à la compatibilité du réseau de recharge dans le pays. En effet, ce dernier est principalement constitué de bornes proposant le type 2 (Mennekes et CCS) soit une représentation de plus de 40%. Si cette norme continue à se développer dans le pays, les citoyens auront également la possibilité d'acheter ce type de véhicules (Automobile Propre, s.d) :

- Renault (toute la gamme 100% électrique)
- Citroën (toute la gamme 100% électrique)
- Peugeot (toute la gamme 100% électrique)
- Fiat (toute la gamme 100% électrique)
- BMW (toute la gamme 100% électrique)
- Volkswagen (toute la gamme 100% électrique)
- Mercedes (toute la gamme 100% électrique)
- Tesla (voitures homologuées pour le marché européen)

Les infrastructures de recharge proposant les connecteurs CHAdeMO et GB/T sont les moins nombreuses. Cela représente environ 8% des bornes présentes dans le pays. Nous sommes ici dans un vrai dilemme, car nous avons vu lors du deuxième chapitre que les véhicules électriques les plus vendus en 2021 étaient des voitures chinoises disposant ce type de connecteurs. De plus, ces connecteurs sont majoritairement localisés dans la ville de Loja et nous avons vu précédemment que plus de 75% des véhicules électriques sont localisés dans les villes de Guayaquil et Quito.

4.3 VIABILITÉ ÉCONOMIQUE

Le nombre de véhicules électriques en Amérique latine devrait augmenter au cours de la prochaine décennie en raison des récentes mesures incitatives favorisant leur adoption (Statista, 2021). Les pays d'Amérique latine s'orientent lentement mais sûrement vers l'électrification du secteur des transports en cherchant à exploiter les avantages sur le plan de l'environnement, de la santé et de l'économie, en particulier lorsqu'ils sont associés à une production d'électricité à faible teneur en carbone, en effet, c'est le cas dans de nombreux pays de la région. Toutefois, un certain nombre de défis doivent être relevés comme la viabilité économique de l'utilisation d'une voiture électrique. Selon IEEE Electrification Magazine (2019), une étude avait démontré que seulement 10 pays d'Amérique latine, dont l'Équateur, illustraient l'hypothèse selon laquelle le coût total d'utilisation (TCO)⁹ d'une voiture électrique était plus avantageux (économiquement parlant) qu'une voiture à combustion. Pour renforcer cette hypothèse avec des données actuelles, nous analyserons les différents facteurs, dont le coût énergétique et les coûts de maintenance.

4.3.1 COÛT OPÉRATIONNEL D'UNE VOITURE ÉLECTRIQUE ET À COMBUSTION

Lors de cette analyse, nous estimerons le TCO d'un modèle disponible en version essence et électrique en Équateur à savoir le modèle « Kia Soul ». Nous avons choisi d'analyser ce modèle, car il s'agit du seul véhicule disponible dans les deux versions, de plus, toutes les informations liées à la maintenance des deux modèles sont disponibles sur leur site web (KIA, s.d).

Lors de cette étude, plusieurs types de coûts seront pris en compte afin de rendre l'analyse la plus précise possible. Ces différents coûts sont les suivants :

- 1) **La taxe routière** : Celle-ci doit être payée annuellement pour l'utilisation d'une voiture. En effet, grâce aux incitants mis en place par les états, une personne qui acquiert un véhicule électrique peut se voir être exonérée de cette taxe.
- 2) **L'assurance voiture** : L'assurance voiture n'est pas obligatoire en Équateur, mais nous la prendrons en compte, car nous supposons que la population va petit à petit assurer sa voiture, surtout si son prix d'achat est élevé.
- 3) **La maintenance du véhicule** : Ce critère a une très grande importance pour le TCO d'un véhicule, car celui-ci doit prendre en compte les différents coûts liés à la maintenance comme le filtre à huile, filtre à air, les suspensions, les roues, etc. Par ailleurs, il est à considérer que la maintenance pour un véhicule électrique n'est pas la

⁹ Il représente la somme totale qu'a dû dépenser le propriétaire d'un bien au cours du cycle de vie de ce dernier

même qu'un véhicule à combustion, mais nous verrons cela lors de l'analyse des coûts de maintenance.

- 4) **La consommation énergétique** : Elle sera comparée aux 2 types de moteurs. En effet, cette analyse sera importante pour le reste des calculs totaux.
- 5) **Coûts additionnels** : Les coûts additionnels seront principalement destinés à la voiture électrique. Pour qu'un utilisateur puisse recharger sa voiture à la maison, il est fortement conseillé d'installer une prise sécurisée.

En moyenne, une voiture roule 20 000 kilomètres par an et nous l'analyserons pour une durée de 5 ans qui est l'âge moyen d'une voiture en bon état. Au-delà de 5 ans, la maintenance d'une voiture coûte beaucoup plus cher et les frais de réparation peuvent s'avérer plus importants que la valeur du véhicule, de plus, un véhicule se déprécie à hauteur de 20% par an donc nous limiterons la maintenance à cette période (Eniecuador, 2018).

4.3.2 COÛT OPÉRATIONNEL DE LA KIA SOUL ESSENCE

Premièrement, la taxe routière est à prendre en compte. En Équateur, le propriétaire d'un véhicule se doit de payer une taxe annuelle pour avoir droit de circuler sur les routes du pays. Le tarif est évalué en fonction de la valeur du véhicule c'est pourquoi nous prenons la valeur de la KIA Soul. Il faudrait payer environ 420 \$ par an pour une voiture qui vaut 23 000 \$ (Autocosmos, s.d) ce qui fait un total de **2 100 \$** pour les 5 ans. Pour l'assurance de la voiture, l'utilisateur devrait payer **1 181 \$** pour les 5 annuités (Seguros123, s.d).

En ce qui concerne les coûts de maintenance de la phase 1, il faut tout d'abord prendre en compte les inspections et contrôles réguliers à savoir :

- Contrôle des lumières avant et arrière
- Contrôle des ceintures de sécurité
- Contrôle des pédales de frein
- Contrôle et nettoyage du filtre à air
- Inspection des éléments de suspension
- Vérification de la pression des pneus
- Inspection des radiateurs du moteur
- Lubrification des serrures et des charnières de portes
- Changement de l'huile du moteur

Ces coûts de maintenances générales sont réalisés lorsque la voiture atteint les 10 000 premiers kilomètres pour un prix de 294 \$ matériaux compris. Au niveau de la périodicité, ces derniers doivent se faire tous les 20 000 kilomètres. Afin de calculer ces coûts pour 5 ans, cela reviendrait à 1 176 \$.

Lorsque le véhicule atteint les 20 000 kilomètres, des changements plus importants sont à prendre en compte et il faut faire recours à un contrôle technique de phase 2 à savoir :

- Changement du filtre à huile
- Changement du filtre à air
- Changement de l'air conditionné
- Remplacement des bougies d'allumage
- Changement des pneumatiques

Le prix de ce type d'entretien est de 494 \$ et est à faire tous les 20 000 kilomètres. Le coût de type de maintenance reviendrait à 2 470 \$ dollars en 5 ans.

Quand le véhicule atteint les 50 000 kilomètres, le véhicule doit faire face à des remplacements de pièces plus coûteux que la maintenance de la phase 2, en effet il s'agit d'un contrôle technique de phase 3 à savoir :

- Changement de la boîte à vitesse
- Changement de la courroie de distribution
- Changement du liquide de freins

Ces coûts représentent 463 \$ et sont à faire tous les 50 000 kilomètres. En 5 ans, ces coûts reviendraient à 926 \$.

Enfin, le dernier type de contrôle technique de phase 4 est fait lorsque le véhicule atteint les 100 000 kilomètres. Ce dernier comprend des changements de pièces possibles lorsque le véhicule arrive à une utilisation de 5 ans tels que le changement des amortisseurs, les plaquettes de frein et le changement de la batterie. Selon le site du constructeur automobile, le tarif pour ce contrôle technique est de 588\$.

En conclusion, le coût de maintenance total du modèle KIA Soul essence pour une durée de 100 000 kilomètres/5 ans reviendrait à **5 160 \$**. Ces prix sont approximatifs, car ils peuvent varier en fonction du concessionnaire et du type de moteur.

Il reste à calculer la consommation énergétique d'une voiture à combustion. En Équateur, le prix de l'essence coûte 0,674 \$ le litre (Globalpetroprices, 2022). Avec une circulation annuelle de 20 000 kilomètres et une consommation moyenne de 10,6 litres au 100 kilomètres (Combustivel, s.d), un citoyen paierait **7144 \$** d'essence en 5 ans.

Tableau 10 : Coût opérationnel de la Kia Soul essence

Coût opérationnel de la Kia Soul essence	
Taxe routière	2 100 \$
Assurance voiture	1 181 \$
Maintenance	5 160 \$
Consommation énergétique	7 144 \$
Total	15 585 \$

Source : auteur

Après avoir calculé tous les coûts liés au maintien et à l'utilisation de la voiture, nous avons un total de 15 585 \$. Dans le point suivant, nous analyserons les mêmes critères avec la Kia Soul 100 % électrique afin de déterminer si le coût d'utilisation d'une voiture électrique est plus avantageux qu'une voiture à combustion.

4.3.3 COÛT OPÉRATIONNEL DE LA KIA SOUL ÉLECTRIQUE

Comme nous l'avons vu, le véhicule électrique est actuellement exonéré de la TVA, ainsi, si le prix d'une KIA Soul électrique débute à 31 000 \$ (Autocosmos, s.d), le prix HTVA reviendrait à 27 678 \$. Les véhicules électriques ne sont pas exonérés de la taxe routière donc une voiture de ce prix se paierait **3100 \$** en 5 ans. Parallèlement, l'assurance d'une KIA SOUL 100% électrique viendrait à coûter **2 446 \$** en 5 ans.

En ce qui concerne le coût de maintenance pour un véhicule électrique, ce dernier est beaucoup moins onéreux qu'un véhicule à essence. En effet, grâce à son moteur à induction et sa batterie, la voiture électrique ne doit pas rentrer la voiture au garage aussi souvent que son homologue. Selon les informations à propos des coûts de maintenance de la KIA Soul électrique, ce dernier est exonéré du contrôle technique de phase 1, cela fait un avantage de 1176 \$ en 5 ans.

Ensuite, le contrôle technique de phase 2 est moins onéreux que le modèle à essence, car la voiture électrique a de petits changements à faire comme le remplacement des pneus et quelques inspections et contrôles doivent être pris en compte à savoir :

- Contrôle des lumières avant et arrière
- Contrôle des ceintures des sécurités
- Contrôle des pédales de frein
- Contrôle et nettoyage du filtre à air
- Inspection des éléments de suspension
- Vérification de la pression des pneus
- Inspection des radiateurs du moteur
- Lubrification des serrures et des charnières de portes
- Changement des pneus

Ce contrôle est à faire tous les 20 000 kilomètres et a un prix de 1680\$ pour les 5 ans. Nous voyons que le véhicule électrique est exonéré de remplacements de pièces qui sont indispensables pour les véhicules à combustion tels que le changement de filtre d'huile, le changement d'huile du moteur ou le remplacement des bougies d'allumage.

Le véhicule est également exonéré de la phase 3 du contrôle technique. En effet, la voiture électrique ne possède pas de boîte à vitesse c'est-à-dire que le changement de la boîte à vitesse n'est pas à prendre en compte dans le calcul du coût de maintenance pour la Kia Soul électrique. De plus, le changement de la courroie de distribution est destiné aux voitures qui possèdent un moteur à combustion ce qui avantage encore une fois la voiture électrique. Cet avantage représente une exonération de 926 \$.

Ensuite, le contrôle technique de la phase 4 est moins onéreux que le véhicule à essence, son prix est de 249 \$. Cela est traduit par le fait que la batterie d'une voiture électrique est plus résistante qu'une batterie de voiture traditionnelle et donc seulement le changement des amortisseurs et des plaquettes de frein sont à prendre en compte pour un véhicule atteignant 100 000 kilomètres. Le plan de maintenance de la Kia électrique démontre que le véhicule électrique est libre des coûts qui seraient indispensables pour une voiture à combustion. Ces exonérations montrent qu'un véhicule électrique est plus rentable à long terme pour les coûts de maintenance. En effet, ces derniers équivalent à **2 178\$**.

En dernier lieu, la dépense énergétique est évaluée par rapport à la consommation au kW par heure. La Kia Soul EV consomme en moyenne 15kWh au 100 km (Motorc, 2020) et le coût du kW/h est décrit dans les lignes suivantes. En effet, lors du 1^{er} chapitre nous avons vu qu'il existe différentes façons de recharger son véhicule, il y a la recharge domestique et la recharge en extérieur. Pour pouvoir déterminer le coût de la recharge à la maison je me suis muni d'une facture d'un membre de ma famille vivant à Quito et je me suis également informé sur le prix du kW/h pour un habitant dans le pays (Celec, 2022). Il en est ressorti que le prix moyen pour la recharge à la maison est de 0,10 dollar le kW/h. Pour la recharge en extérieur le tarif dépend de l'heure dans la journée, mais selon Terpel (2022) le prix serait de 0,25 \$ soit une moyenne de 0,17\$ le kW/h. Avec une consommation moyenne de 14,3 kWh au 100 kilomètres et une

utilisation de 20 000 kilomètres par an, un citoyen paierait environ **2431 \$** de consommation énergétique en 5 ans.

Pour qu'un véhicule électrique puisse se charger à une vitesse de type 2, le voltage minimum requis est de 220 voltes. En équateur, la force électromotrice est dominée par le 120v même si les grandes villes telles que Guayas ou Quito sont en train d'étendre le réseau à 220v. Vu la dominance actuelle du 120v, il est conseillé d'installer un compteur qui puisse supporter cette charge et éviter d'attendre jusqu'à 30h pour recharger le véhicule. Selon 'El Comercio », le coût pour une installation électrique de ce type est de 90\$ pour un câblage de 7 mètres et 150\$ si le câblage nécessite une longueur de 10 mètres. Le prix moyen revient à **120\$** avec matériel et main d'œuvre comprise.

Tableau 11 : Coût opérationnel de la Kia Soul 100% électrique

Coût opérationnel de la KIA SOUL électrique	
Taxe routière	3100 \$
Assurance voiture	2446 \$
Maintenance	2178 \$
Consommation énergétique	2431 \$
Coûts additionnels	120 \$
Total	10 394 \$

Source : auteur

Dans le tableau ci-dessus, nous voyons que le coût total pour l'utilisation de la Kia Soul électrique s'élève à 10 394 \$ en 5 ans. Ce coût est plus de 70% moins important que la voiture à essence. Comme dit précédemment, la taxe routière a été prise en compte dans le calcul, car il n'existe aucune exonération de ce type, de plus, l'assurance d'une voiture électrique est plus onéreuse qu'une voiture traditionnelle. Un des points forts de ce type de véhicule est le coût en consommation énergétique. En effet, un citoyen paierait environ 42\$ par mois pour la recharge de sa voiture ce qui réduit considérablement le budget dédié à la mobilité puisque la consommation mensuelle pour un véhicule à essence est d'environ 146\$. Même si la voiture

électrique a des coûts additionnels, ces derniers ne sont pas très importants à long terme, car il suffit de le faire une fois.

COÛT D'UNE BORNE DE RECHARGE À DOMICILE

Lors du premier chapitre, nous avons vu les différents types de recharge allant d'une recharge lente à rapide. Le calcul du coût d'une borne à domicile à recharge rapide n'est pas à prendre en compte dans le coût opérationnel, car il est facultatif à la bonne utilisation d'une voiture électrique, en effet, ce dernier peut se voir comme une « option » de confort. Un chargeur est fourni lors de l'achat d'un véhicule c'est pourquoi l'installation d'une prise sécurisée suffit.

Par ailleurs, il est intéressant de connaître le prix d'une installation électrique à domicile pour le faire connaître au marché équatorien. Comme dit précédemment, il existe à ce jour une seule entreprise proposant ce type de services (Condor Energy, 2021). Malheureusement, aucun prix n'est encore disponible sur leur site c'est pourquoi je me suis basé sur un marché similaire avec la même unité monétaire et le même courant voltaïque qu'en Équateur. Aux États-Unis, le coût moyen pour une installation électrique à la maison est d'environ 1400 dollars en fonction de la vitesse de recharge (Usatoday, 2022) .

4.3.4 LE COÛT TOTAL D'ACQUISITION (TCO)

Pour le calcul du TCO, nous commencerons par prendre le prix d'acquisition des deux modèles. En effet, le prix de départ de la KIA Soul essence est de 23 000 \$ (Kiamedia, s.d) tandis que le prix du modèle en électrique commence à 27 678 \$ HTVA.

Tableau 12 : TCO en 5 ans entre la KIA Soul essence et électrique

	KIA Soul Essence TCO en 5 ans	KIA Soul EV TCO en 5 ans
Prix d'acquisition	23 000 \$	27 678 \$
Taxe routière	2 100 \$	3 100 \$
Assurance voiture	1 181 \$	2 246 \$
Maintenance	5 160 \$	2 178 \$
Conso. Énergétique	7 144 \$	2 431 \$

Coûts additionnels	-	120 \$
Coûts totaux	38 585 \$	37 753 \$

Source : auteur

En conclusion, nous pouvons affirmer que la KIA Soul électrique est plus rentable économiquement parlant que son modèle à essence grâce aux différents facteurs illustrés dans le tableau 12. En effet, même si le prix d'acquisition d'une voiture électrique est plus onéreux qu'une voiture thermique, il demeure plus économique à long terme.

4.3.5 LA VOITURE ÉLECTRIQUE, MEILLEURE QUE LA VOITURE À COMBUSTION ?

QUELS INCITANTS ?

Nous avons vu que la voiture électrique ne dispose actuellement d'aucune exonération pour la taxe de circulation et est soumise au même type d'imposition qu'une voiture traditionnelle. Par ailleurs, l'Équateur a mis en place des incitants qui permettent un allègement économique lors de l'achat d'un véhicule électrique. Le pays a réduit la TVA à 0% ce qui permet de réduire le prix d'acquisition des véhicules électriques.

QUEL AVANTAGE EN COÛTS DE MAINTENANCE ?

En ce qui concerne les coûts de maintenance, nous voyons qu'ils sont plus de 2 fois moins importants qu'un véhicule traditionnel. Dans une voiture électrique il y a plusieurs opérations qui disparaissent telles que le changement de la courroie de distribution ou les bougies. Seules les plaquettes de frein et le changement de pneus sont à prendre compte parallèlement à une voiture à essence. De plus, les révisions sont plus fréquentes pour les voitures à essences, ces derniers doivent se faire tous les 10 000 kilomètres contre 20 000 kilomètres pour les voitures électriques. Cet avantage est dû au fait qu'une voiture électrique possède une mécanique beaucoup plus simple qui lui permet d'avoir moins de pièces et donc moins de réparations à long terme.

CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE PLUS ÉCONOMIQUE ?

Nous l'avons vu lors de l'analyse des coûts que la dépense en consommation énergétique est très différente entre les deux modèles. Le budget pour faire circuler une voiture traditionnelle est 3 fois plus onéreux qu'une recharge électrique. Cette différence est due au fait que le prix de l'électricité est beaucoup moins important que le prix de l'essence dans le pays. De plus,

grâce aux subsides d'état, les factures d'électricité des ménages sont allégées (Celec, s.d) . Aujourd'hui, l'Équateur est un des pays où le prix de l'électricité est au plus bas sur la région et cet avantage pourrait favoriser l'utilisation de la voiture électrique (Cemer,2022).

ANALYSE DE SENSIBILITÉ DU PRIX DE L'ESSENCE VS ÉLECTRICITÉ

Aujourd'hui, le coût énergétique en électricité est beaucoup plus avantageux financièrement parlant que le coût énergétique d'une voiture à combustion, mais jusqu'à quel prix ? Pour répondre à cette question, prenons le coût énergétique des deux modèles.

- 8 762 \$ en 5 ans pour le modèle essence
- 2 550 \$ en 5 ans pour le modèle électrique

Le subside moyen sur l'électricité est évalué à 0,05 \$ (Eeq, s.d) et si nous prenons l'hypothèse dans laquelle le pays subit une pénurie d'offres et se voit forcer de retirer cet incitant, le prix moyen viendrait à coûter 0,22 \$ le kWh. À ce prix-là, le coût énergétique serait 3 146 \$ soit un TCO de 38 468 \$. Nous voyons que si cette hypothèse s'avère exacte, le TCO serait pratiquement le même pour les deux types de voitures.

QU'EN EST-IL DES COÛTS ADDITIONNELS ?

La tension électrique principale dans le pays est le 120v et pour que la batterie puisse être rechargée convenablement il est impératif d'installer une prise de 220v. Si nous voyons ce coût à long terme, il n'est pas très important par rapport à la consommation énergétique et le coût de maintenance. Le pays est en train d'étendre son réseau à 220v ce qui veut dire qu'à l'avenir les citoyens équatoriens n'auraient plus à dépenser dans ce genre de coûts. Le coût de l'installation d'une borne électrique à domicile est facultatif donc il ne viendra pas s'ajouter au coût opérationnel d'une voiture électrique.

ROULER À L'ÉLECTRICITÉ EST-IL PLUS ÉCOLOGIQUE ?

Selon Notre-Planète (2021), la voiture électrique émettrait jusqu'à 3 fois moins de gaz à effet de serre qu'une voiture à combustion. Les véhicules traditionnels émettent des particules fines toxiques pour la santé et d'après des études plus de 8 000 Français en seraient morts chaque année. Au contraire, la voiture électrique n'émet aucun élément polluant à l'échappement puisque le moteur à induction n'en possède pas. Il faut néanmoins prendre compte en compte les émissions de CO₂ entraînés par le frottement des roues ou la pédale de frein. Même si ce dernier « pollue » aussi, il est beaucoup plus écologique que la voiture à combustion. Pour conclure, nous avons démontré qu'une voiture électrique peut être plus avantageuse financièrement pour les automobilistes du territoire équatorien. Cette analyse a seulement été faite pour un modèle particulier et n'est donc pas représentative à tous les types de véhicules électriques dans le pays.

4.3.6 RÉSUMÉ DU CHAPITRE 4

Cette dernière partie du mémoire a été consacrée à la viabilité technique et économique de l'entrée des véhicules électriques sur le territoire. Le réseau électrique est conscient de l'augmentation future en électricité et nous le voyons très bien grâce aux divers investissements. La balance énergétique prévisionnelle nous permet d'émettre deux hypothèses :

- Balance énergétique positive en 2025 si le métro de Quito n'est toujours pas opérationnel
- Balance énergétique négative en 2025 si le métro de Quito est opérationnel d'ici fin 2022

La deuxième hypothèse est la plus intéressante pour notre problématique car si le métro de Quito est opérationnel d'ici là, les citoyens pourront non seulement profiter de l'arrivée des véhicules électriques, mais également du métro. Cela aurait un impact positif pour la mobilité électrique dans le pays. Parallèlement, si cette hypothèse s'avère être exacte, le pays devrait racheter de l'électricité. Le réseau est interconnecté avec la Colombie et le Pérou et donc faciliterait le processus.

En ce qui concerne le réseau de bornes électriques, ce dernier est en phase de conception. Nous avons vu que le réseau actuel est principalement constitué de bornes localisées dans les parkings des centres commerciaux, des parcs ou des hôpitaux. Les stations électriques viennent tout juste d'arriver sur le marché, en effet 3 stations ont été inaugurées en avril 2022. Dans les normes de recharge, nous retrouvons principalement des connecteurs européens et américains cela veut dire que si le réseau se développe de cette manière, les utilisateurs pourraient profiter de plus de modèles du vieux continent comme Peugeot, Citroën, BMW, entre autres. Pour qu'il y ait une pénétration satisfaisant de l'arrivée des véhicules électriques pour 2025, les stations de recharges doivent être plus nombreuses. En effet, le ratio optimal serait d'avoir 1 borne pour 10 véhicules. Pour le moment, le pays a suffisamment de points de recharge, mais si le gouvernement projette de mettre en circulation 10 000 véhicules pour 2025, le réseau devrait être multiplié par 20. Le pays compte actuellement sur l'entreprise Terpel et cette dernière prévoit d'ouvrir au moins 9 stations par an. Nous voyons que ce n'est pas suffisant il faudra donc compter sur les investisseurs nationaux et étrangers. De plus, les normes asiatiques sont les moins présentes pour un nombre élevé de ce type de véhicules ce qui pourrait expliquer la barrière liée à la pénurie des points de recharges lors de notre enquête quantitative.

Le TCO des deux modèles nous a permis de démontrer qu'une voiture électrique peut être plus avantageuse (économiquement parlant) que la voiture à combustion. Pour que le calcul soit le plus précis possible, nous avons analysé la taxe routière, l'assurance voiture, les coûts de maintenance, le coût énergétique et les coûts additionnels. Il convient de souligner que

cette analyse a été faite sur un modèle en particulier et n'est donc pas représentatif à toutes les voitures électriques disponibles en Équateur. Jusqu'ici, nous avons analysé la viabilité du marché cible, la viabilité technique et la viabilité économique, maintenant il nous reste à proposer des recommandations.

RECOMMANDATIONS

Pour finaliser notre étude, nous émettrons des recommandations qui selon notre point de vue, amélioreront l'adoption de la mobilité électrique dans le pays. Bien que les habitants de la ville soient ouverts à cette nouvelle forme de mobilité, ils demeurent encore réticents sur certains points c'est pourquoi nous recommanderons plusieurs outils qui pourraient faire augmenter l'achat de véhicules électriques. Pour apporter des mesures réalisables, nous nous sommes inspirés des politiques déjà applicables par les pays de la région et dans le continent européen. Ces conseils aideront à promouvoir ce type de technologie en Équateur afin de pouvoir l'appliquer dans la ville de Quito.

Premièrement, même si l'Équateur a déjà établi quelques lois pour favoriser la mobilité électrique, nous avons vu qu'elles n'ont pas été suffisantes, car si le pays veut arriver à l'objectif mentionné précédemment, il devrait vendre plus de 3 000 véhicules par an. De plus, des recherches scientifiques (Electromobility, 2018) basées sur les freins à une mobilité électrique ont démontré que pour stimuler la vente des VE, les états doivent mettre en place des mesures politiques stables et précises c'est pourquoi nous recommandons les incitants suivants :

- Le pays pourrait incorporer des primes de recyclage comme le fait actuellement la Belgique (Le Vif, 2019). Cette dernière aidera non seulement à réduire le prix d'acquisition d'un véhicule électrique, mais également à baisser les émissions de CO² dans la ville.
- Le gouvernement pourrait également diminuer le prix de péages et parking pour les utilisateurs de ce type d'engins, cela réduira le budget en mobilité des citoyens.
- Une taxe carbone imposée aux émetteurs de dioxyde de carbone pourrait également être envisagée afin que le pays puisse générer des revenus et ne pas être en déficit sur cette thématique. En Amérique latine, le Chili, la Colombie et le Mexique adoptent déjà cette règle et selon Climate Consultancy (s.d), cette mesure contribue à réduire la dépendance au pétrole et encourage une meilleure transition énergétique durable pour les ménages et les entreprises.
- Le pays pourrait limiter l'entrée des véhicules polluants grâce à des standards de régulation, il peut s'inspirer des nations les plus développées dans la matière comme le Brésil et le Mexique. À titre d'exemple, ces pays ont ratifié une loi sur la limite de consommation d'un véhicule du litre au cent kilomètres (Segob, s.d) .
- Comme nous l'avons vu précédemment le pays est membre de l'IEC, mais il serait intéressant de faire passer ces normes au niveau national afin que la population puisse être au courant de cette nouvelle technologie. En effet, nous savons que les citoyens manquent de connaissances sur cette thématique.

Ensuite, l'augmentation des véhicules électriques entraînera une demande plus importante en électricité c'est pourquoi il serait intéressant de faire des études annuelles sur la capacité

du réseau électrique à satisfaire la demande pour informer les investisseurs, car nous avons que ces derniers manquent d'informations, en effet, le dernier rapport date de 2018 (ASEE,2018). Parallèlement, afin que les utilisateurs puissent utiliser leurs véhicules convenablement, un réseau électrique de recharge rapide devra également être élaboré. Pour le moment, l'Équateur a une quantité suffisante de bornes en fonction des voitures électriques en circulation, mais si le pays veut augmenter son offre de véhicules électriques, les points de recharge doivent se développer. Un autre point à prendre en compte est l'incompatibilité des points de recharge avec les véhicules électriques en circulation. Afin d'équilibrer cet écart, il est recommandé d'augmenter les points de recharge de type ChadeMo et GB/t. Pour ce faire, le pays pourrait attirer les investisseurs nationaux et étrangers. À ce jour, le pays rencontre un risque pays élevé et un environnement des affaires instable à cause de la corruption, l'opacité des marchés publics et la faible qualification de la main-d'œuvre (COFACE,2022). Cependant, grâce aux incitants liés aux importations des véhicules électriques et des infrastructures, les investisseurs étrangers pourraient être intéressés à investir dans ce projet. Pour un exemple concret, nous avons vu que l'entreprise colombienne Terpel a récemment investi dans le développement des infrastructures de recharge.

Enfin, en ce qui concerne la communication, il serait intéressant de créer des campagnes de conscientisation pour l'ensemble de la population (entreprises, universités, citoyens) par rapport aux bénéfices environnementaux, sociaux et économiques qu'apporterait l'utilisation d'un véhicule électrique. En effet, elle aiderait à :

- Écarter les mythes liés à la voiture électrique
- Détailler les avantages économiques, sociaux et environnementaux de la mobilité électrique
- Expliquer les distinctions entre les différents types de véhicules électriques tels que les véhicules électriques à batterie BEV, les véhicules électriques à pile à combustible FCEV, les véhicules hybrides HEV et les véhicules hybrides qui peuvent être branchés PHEV .
- Informer sur les incitants et les programmes de financement pour l'achat d'un véhicule électrique

Parallèlement, nous avons vu que l'Équateur compte sur le talent national c'est pourquoi le pays doit investir dans le capital humain. Cet outil permettra d'augmenter son savoir-faire lié à la voiture électrique et ses sous-jacents. En effet, l'éducation est importante, car si l'Équateur veut rentrer dans une économie de l'innovation, elle n'est atteignable qu'à travers un fort investissement dans le capital humain (Harvard Business Review, 2018). Comme nous l'avons vu récemment, beaucoup de personnes ne sont pas encore au courant des bienfaits qu'apporte le véhicule électrique (Dominio de la Ciencias,2021) et à ce jour, seulement une université a incorporé la mobilité électrique dans son programme d'étude.

En conclusion, ces recommandations pourraient confronter les barrières actuelles que connaît le pays en termes de mobilité électrique grâce à des mesures concrètes et précises qui enveloppent les enjeux économiques, politiques et sociaux. Il est important de souligner que ces incitants sont à observer avec du recul, car l'État doit d'abord analyser s'il est en mesure de le faire financièrement parlant, car ces mesures diminuent les recettes de l'État. Ainsi, pour qu'il y ait un équilibre à ce niveau, des mesures comme la taxe carbone permettraient de contre-balancer les dépenses.

CONCLUSION

Ce mémoire avait comme ambition de répondre à la problématique principale du potentiel de la voiture électrique à Quito grâce à la mise en place d'une mobilité électrique. Il a fallu dans un premier temps analyser l'environnement général de la voiture électrique et ses sous-jacents afin de comprendre son fonctionnement. Pour la suite de notre étude, il convenait d'étudier le marché cible dans des thématiques comme le marché automobile équatorien et l'analyse sociodémographique de Quito. Parallèlement, une étude quantitative sur l'adoption de la voiture électrique à Quito a été réalisée dans le but d'avoir un avis de terrain sur le thème de la mobilité électrique. Les habitants sont conscients que le transport émet beaucoup de CO² et sont prêts à investir dans une voiture électrique grâce aux incitants économiques mis en place par le gouvernement. Au niveau des barrières liées à la voiture électrique, le facteur qui est ressorti majoritairement est le prix, mais grâce à notre étude sur la viabilité économique, nous avons pu démontrer qu'un véhicule électrique peut être plus avantageux qu'une voiture à combustion à long terme grâce à la réduction de la TVA des voitures, le prix compétitif du kWh et l'avantage économique en coût de maintenance. D'autres formes de mobilité durable comme la trottinette électrique, le scooter électrique ont été proposées, mais la plupart des citoyens préfèrent le véhicule électrique.

Le réseau électrique possède également un très grand potentiel dans la mobilité électrique, car depuis des années le pays a investi dans des projets pour augmenter sa capacité énergétique, principalement pour les centrales hydroélectriques. Le thème des bornes de recharge est quant à lui très récent, en effet le pays compte 58 points de recharge, dont 3 stations électriques. Comme nous l'avons vu, selon le modèle européen, le pays a assez de bornes pour le moment, mais si les véhicules électriques augmentent dans les années à suivre, les points de recharge devront être plus conséquents. Quito est définitivement la ville avec le plus grand potentiel en matière de mobilité électrique. En effet, cette analyse nous a permis de comprendre que les Quiteños sont les plus aptes à posséder une voiture électrique que ce soit en matière de niveau de vie, logement, investissements en mobilité électrique, infrastructures de recharge et accès à internet. Les véhicules électriques sont encore jugés de leurs responsabilités environnementales liées à la production d'électricité et il est vrai qu'actuellement plus de 60% de la production mondiale est faite à base de combustibles fossiles (Energie guide, s.d) . Cependant, si nous voyons le modèle latino-américain, il est aujourd'hui une référence en matière d'énergies renouvelables, en effet plus de 60% de la production d'électricité est réalisée à partir de ressources renouvelables (The clean Energy review, 2019). Cet avantage permet à la région de démontrer l'avantage environnemental de la mobilité électrique et d'écarter cette idée qui est encore questionnée par les pays européens.

Nous pouvons également affirmer qu'une voiture électrique peut être plus avantageuse (économiquement parlant) qu'une voiture traditionnelle à long terme. Grâce aux divers incitants politiques, le prix des voitures électriques peut être plus abordable à l'achat.

Parallèlement, les subsides liés à l'électricité ont permis aux citoyens de bénéficier un prix au kW/h très intéressant¹⁰ (EEQ, s.d) ce qui réduit davantage le coût énergétique de l'utilisation de la voiture. Par ailleurs, l'Équateur fait partie des pays avec le coût au kWh le plus bas dans la région (bnamericas, s.d).

En 2021, l'État équatorien s'est mis comme objectif de mettre en circulation 10 000 véhicules électriques en 2025 et d'après les données récoltées par Statista (2021) le pays a vendu 348 voitures cette même année soit une hausse de 230% par rapport à 2020 (105). Pour avoir une idée claire de la situation actuelle des ventes, ces derniers ont subi une décroissance durant les deux premiers mois de 2022 par rapport à l'année passée (Varusecuador, 2022). Malheureusement, cette instabilité persiste toujours et il nous est difficile de trouver la réponse à cette problématique.

Pour terminer ce mémoire, il n'y a aucun doute que la mobilité électrique possède un très grand potentiel à Quito. Au moyen de nos diverses analyses, il a été possible d'affirmer une grande partie de nos problématiques et ainsi confronter les données existantes avec nos recherches sur le terrain et cela grâce à l'étude de la viabilité économique, technique et du marché cible. Nos recommandations pourront aider le pays à améliorer les barrières encore présentes qui empêchent les citoyens à se tourner vers l'achat dans une voiture électrique. Préconisons une mobilité durable !

¹⁰ - 0,04 kWh pour les résident
- 0,07 kWh pour les commerces

BIBLIOGRAPHIE

COMBUSTIVEL.APP. (s. d.). *Kia Soul : Consumo de combustivel de 14 versões*. Récupéré le 15 mai 2022, à l'adresse <https://combustivel.app/soul/c>

Klein, O. (2018). *Pourquoi investir dans le capital humain est-il aujourd'hui plus important qu'hier ?*. Récupéré le 15 mai 2022, à l'adresse <https://www.hbrfrance.fr/chroniques-experts/2018/10/22661-pourquoi-investir-dans-le-capital-humain-est-il-aujourd'hui-plus-important-quhier/>

Blog Chargemap. (2019). *9 pièges à éviter lorsque vous rechargez sur une borne publique*. Récupéré le 1 mai 2022 de <https://blog.chargemap.com/fr/9-pieges-a-eviter-lorsque-rechargez-borne-publique/>

AEADE. (2018). *Acuerdo Comercial con la Unión Europea : Resultados positivos para el Ecuador*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://www.aeade.net/acuerdo-comercial-con-la-union-europea-resultados-positivos-para-el-ecuador/>

AEADE. (2021). *Anuario 2021. Équateur* : AEADE. récupéré de <https://www.aeade.net/anuario/>

Primicias. (2022). *Aranceles de vehículos de la Unión Europea se reducen o eliminan en 2022*. Récupéré de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/vehiculos-union-europea-aranceles-acuerdo-ecuador/>

Quito Cómo Vamos. (2021). *Informe de calidad de vida 2021*. Quito : Quito cómo vamos. Récupéré de https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2021/12/informe-de-calidad-de-vida-2021_compressed.pdf

Bainée, J., Le Goff, R. (2012). *Territoire, industrie et « bien système » : Le cas de l'émergence d'une industrie du Véhicule Électrique en Californie: Revue d'Économie Régionale & Urbaine, août(3), 303-326*. <https://doi.org/10.3917/reru.123.0303>

MERNNR. (2020). *Balance Energético Nacional 2020. Équateur* : MENNR. Récupéré de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Balance-Energe%CC%81tico-Nacional-2020-Web.pdf>

ICCT. (2021). *Infrastructure de recharge au service de la transition vers la mobilité électrique en France*. France : Livre Blanc. Récupéré de <https://theicct.org/sites/default/files/publications/france-evs-infrastructure-transition-FR-nov21.pdf>

BNamericas. (2022). *Precios de la electricidad en Latinoamérica*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://www.bnamericas.com/es/noticias/precios-de-la-electricidad-en-latinoamerica->

comparacion-de-paises

Interparking. (2021). *Bornes de recharge*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://www.interparking.be/fr-BE/payment-products/Electric-charging-terminal/>

SuverMonkey. (s.d). *Calculer la taille d'échantillon d'un sondage*. Récupéré de <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size/>

CEPAL. (2022). *Pobreza extrema en la región sube a 86 millones en 2021 como consecuencia de la profundización de la crisis social y sanitaria derivada de la pandemia de COVID-19*. Récupéré de <https://www.cepal.org/es/comunicados/pobreza-extrema-la-region-sube-86-millones-2021-como-consecuencia-la-profundizacion-la>

Ministerio de Energia y Minas (s.d). *CENTRAL EÓLICA "VILLONACO"*. Récupéré 15 mai 2022 de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/>

USA TODAY. (2022). *Charging an EV at home, in public : Everything to know about cost, time, stations*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://www.usatoday.com/story/money/cars/2022/05/07/ev-charging-stations-cost-home-public/9647743002/>

Wallbox. (s.d). *Corriente de carga EV: ¿cuál es la diferencia entre CA y CC?*. Récupéré le 7 avril 2022 de https://wallbox.com/es_es/faqs-corriente-de-carga-ev-cual-es-la-diferencia-entre-ca-y-cc

Seguros123. (s.d). *Cuánto cuesta un seguro para un carro kia soul 2021 en Ecuador?* (s. d.). Récupéré de <https://compara-ecuador.seguros123.com/precio-seguros-autos/kia/soul/2021>

Mobility plus. (s.d). *De verschillende technieken van laden : Mode 1, 2, 3 en 4*. Récupéré de <https://www.mobilityplus.be/fr/blog/les-differentes-techniques-de-recharge-mode-1-2-3-et-4>.

Eggis, G. (2020). *De 0 à 147 dollars: Le prix du baril de pétrole*. Récupéré de <https://balises.bpi.fr/un-baril-de-brut-a-13-dollars-en-avril-2020/>

Varus (2022). *Distribución de vehículos por provincias de Ecuador*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://varusecuador.com/estadisticas-distribucion-de-vehiculos/>

Ministerio de Energía y Minas. (s. d.). *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*. Récupéré de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>

OECD. (s.d). *Ecuador : Exports, Imports, and Trade Partners*. Récupéré de <https://oec.world/en/profile/country/ecu?depthSelector2=HS2Depth>

GlobalPetrolPrices (s.d). *Ecuador precios de la gasolina*. Récupéré le 15 mai 2022 de https://es.globalpetrolprices.com/Ecuador/gasoline_prices/

ekWateur. (s. d.). *L'impact des transports sur l'environnement*. ekWateur. Consulté 7 avril 2022, à l'adresse <https://ekwateur.fr//2020/07/15/impact-des-transports-environnement>

Espaciadora, L. B. (2018). El Metro está pasando y Solanda se está hundiendo. *La Barra Espaciadora*. Récupéré de <https://www.labarraespaciadora.com/ddhh/el-metro-de-quito/>

España, S. (2021,). *La maldición del Metro de Quito : Por fin está listo para arrancar pero no tiene quién lo conduzca*. El País. Récupéré de <https://elpais.com/internacional/2021-12-03/la-maldicion-del-metro-de-quito-por-fin-esta-listo-para-arrancar-pero-no-tiene-quien-lo-conduzca.html>

Gaudiaut, T. (2021). *Infographie : Le prix de l'électricité en Europe*. Statista Infographies. Récupéré de <https://fr.statista.com/infographie/11825/comparaison-cout-electricite-en-europe/>

Mida Power. (s.d).*Guide des types de connecteurs de charge EV pour chargeur de voiture EV-Shanghai Mida EV Power Co., Ltd., Câble de charge EV, Chargeur EV, Station de charge EV, Connecteur de charge EV, Prise J1772, Prise de type 2, Prise EV, Prise EV, Boîtier mural EV, Connecteur de charge EV*. Récupéré de <https://midapower.com/web/index.php?topclassid=19&classid=22&id=252&lanstr=fa&wap=1>

Statista. (2022). *Infographie : Le prix de l'électricité en Europe*. (s. d.). Statista Infographies. Récupéré de <https://fr.statista.com/infographie/11825/comparaison-cout-electricite-en-europe/>

El Comercio (s.d). *Kia lanzó a la venta el primer vehículo eléctrico en Ecuador a USD 34 990*. Récupéré de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/kia-vehiculo-electrico-venta-ecuador.html>

Automobile Propre. (s.d). *La prise CHAdeMO pour les véhicules électriques*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/dossiers/la-prise-chademo/>

Automobile Propre. (s.d). *La voiture électrique en route vers un nouveau record mondial*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/la-voiture-electrique-en-route-vers-un-nouveau-record-mondial/>

Groupe Chopard. (2022). *La Voiture Electrique est-elle Ecologique ?*. Récupéré de <https://www.groupechopard.com/vehicules-neufs/voitures-electriques/ecologie/>

Electric Star. (2022). *Les types de connecteurs de recharge*. Récupéré de <https://electric->

star.com/fr/les-types-de-connecteurs-de-recharge/

Energuides. (s.d). *Les véhicules électriques sont-ils vraiment écologiques ?*. Récupéré de <https://www.energuides.be/fr/questions-reponses/les-vehicules-electriques-sont-ils-vraiment-ecologiques/197/>

Primicias. (2022). *Los vehículos chinos encabezan la recuperación del sector automotor en Ecuador*. Récupéré de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ventas-vehiculos-china-recuperacion-ecuador/>

Kia Ecuador. (s.d). *Mantenimiento / Servicios*. Récupéré de <https://www.kia.com/ec/service/service-care/maintenance.html>

El Universo (2022). *Más buses en Quito pueden cobrar pasaje de \$ 0,35. Conozca el listado de las 17 operadoras autorizadas por el Municipio hasta el momento*. Récupéré de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/mas-buses-en-quito-pueden-cobrar-pasaje-de-035-conozca-el-listado-de-las-17-operadoras-autorizadas-por-el-municipio-hasta-el-momento-nota/>

Avisé. (2022). *Mobilité durable : De quoi parle-t-on ?*. Récupéré de <https://www.avise.org/articles/mobilite-durable-de-quoi-parle-t-on>

The Agility Effect. (2021). *Mobilité électrique, une mobilisation mondiale*. Récupéré de <https://www.theagilityeffect.com/fr/article/les-defis-de-la-mobilite-electrique/>

Mobileese. (2020). *Mobilité électrique—Tout savoir en 5 minutes*. Récupéré de <https://mobileese.com/mobileese-mobilite-electrique>

MOTORK. (2020). *Kia Soul eléctrico 2020 Eléctrico 64 kWh emotion*. Récupéré de <https://motork.com/kia-soul-electrico-204-cv-64kwh-bateria>

ATN. (2022). *MTOP y ANT inician etapa de socialización del etiquetado de vehículos nuevos livianos*. Récupéré de <https://www.ant.gob.ec/?p=3791>

Mongabay. (2022). *Nuevo derrame de petróleo en Ecuador se suma a la cadena de desastres provocados por la erosión del río Coca*. Noticias ambientales. Récupéré de <https://es.mongabay.com/2022/01/nuevo-derrame-en-ecuador-se-suma-a-la-cadena-de-desastres-provocados-por-la-erosion-del-rio-coca/>

Diario La Hora (s.d). *Parque automotor creció 13% en los últimos tres años*. Récupéré de <https://www.lahora.com.ec/pais/crecimiento-parque-automotor-desde-2018/>

Motor1.com. (s.d). *Peugeot 2008 1.2 PureTech 155, le test de consommation réelle*. Récupéré de <https://fr.motor1.com/reviews/406029/test-consommation-reelle-peugeot-2008/>

Reuters. (2018). Plug wars : The battle for electric car supremacy. *Reuters*. Récupéré de <https://www.reuters.com/article/us-autos-electricity-charging-idUSKBN1FD0QM>

Portal Movilidad. (s. d.). *¿Por qué en Ecuador no avanza la movilidad eléctrica ?*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://portalmovilidad.com/por-que-en-ecuador-no-avanza-la-movilidad-electrica/>

Centro Mexicano de Relaciones Internacionales. (s. d.) *Precio de la electricidad en América Latina (2022)*. Récupéré de <https://cemer.org/mapas/precio-electricidad-america-latina/>

Primicias. (2022). *Precio del galón de gasolina Súper sube a USD 4,66 en abril, según distribuidoras*. Récupéré de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/sube-precio-gasolina-super-abril-ecuador/>

Preciosmundi. (s.d). *Precios de vivienda y salarios en Ecuador 2022*. Récupéré le 15 mai 2022 de <https://preciosmundi.com/ecuador/precio-vivienda-salarios>

Le Monde. (2022). *Prise renforcée Green'UP : Conseils d'installation, prix et devis*. Récupéré de <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-4086-green-up.html>

Automobile Propre. (s.d). *Prise type 2 véhicule électrique : Technique, performances, véhicules équipés*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/dossiers/la-prise-type-2/>

Automobile Propre. (s.d). *Prix & coût de la recharge d'une voiture électrique*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/dossiers/cout-prix-recharge-voiture-electrique/>

Blog Chargemap. (2021). *Recharge à domicile : Solutions de recharge, coût, abonnement ?*. Récupéré de <https://blog.chargemap.com/fr/recharge-domicile-solutions-cout-abonnement/>

Redacción. (2021). *Sector automotriz chino crece aceleradamente en Ecuador*. Récupéré de <https://www.ecuavisa.com/noticias/economia/sector-automotriz-chino-crece-aceleradamente-en-ecuador-XE1071743>

James, J. (s.d). *Renewable energy investment in Latin America in the next 20 years*. The Clean Energy Review. Récupéré de <https://carlosstjames.com/renewable-energy/renewable-energy-investment-in-latin-america-in-the-next-20-years/>

Reyes-Campaña, G. et al. (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 937-958.

Ribolzi, S. (s. d.). La voiture électrique : Une histoire ancienne [Billet]. *Les Éditions Universitaires d'Avignon*. Récupéré de <https://eua.hypotheses.org/4185>

Salarios en Quito (Ecuador), salarios promedio en 2022 y 2021-2018 / BDEX. (s. d.). Consulté le 15 mai 2022, à l'adresse <https://bdex-es.com/ecuador/quito/>

El Comercio. (s. d.) *Seis pasos para la conexión de la nueva cocina*. Récupéré de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/conexiones-nuevas-cocinas-induccion-precios.html>

Strategy&. (s. d.). *Electric Vehicle Sales Review Full Year 2021*. Récupéré de <https://cloud.email.strategyand.pwc.com/tl-promo-ext?cid=7014L000000526AQAQ>

Total Energies. (2018). *Tout savoir sur la recharge électrique en station TotalEnergies*. Récupéré de <https://services.totalenergies.fr/mes-deplacements/ma-pause-en-station/route-electrique-totalenergies>

Up, F. (s. d.). *Fin des moteurs thermiques : Les grands constructeurs mondiaux s'engagent à l'horizon 2030-2040*. Futura. Récupéré de <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/voiture-electrique-fin-moteurs-thermiques-grands-constructeurs-mondiaux-engagent-horizon-2030-2040-94824/>

Varus (2021). *¿Cómo Cargar un Vehículo Eléctrico en Ecuador?* Récupéré de <https://varusecuador.com/cargar/>

Dasweltauto (s.d). *Véhicules électriques—Connaissez-vous tous les types?* . Récupéré de <https://www.dasweltauto.ch/fr/actualites/vehicules-electriques.html>

Statista. (2021). *Venta de vehículos eléctricos en Ecuador 2021*. Récupéré de <https://es.statista.com/estadisticas/1134805/volumen-ventas-vehiculos-electricos-ecuador/>

CELEC (s.d). *Vigente el mecanismo para subsidio eléctrico*. Récupéré de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/86-noticias/398-vigente-el-mecanismo-para-subsidio->

Automobile Propre. (s.d). *Voiture hybride : Fonctionnement, avantages et inconvénients*. Récupéré de <https://www.automobile-propre.com/dossiers/voiture-hybride-fonctionnement-avantages-inconvenients/>

InsideEvs. (2022). *Voitures électriques—KW et kWh, quelles sont les différences ?* Récupéré de <https://insideevs.fr/features/396040/kw-kwh-differences-puissance-energie/>

Brennenstuhl. (s.d). *Différences entre les types de prises de courant*. Récupéré de <https://www.brennenstuhl.be/fr-BE/univers-produits/construction-et-renovation/differences-entre-les-types-de-prises-de-courant>

Ministerio de Energia. (2018). *Plan maestro de Electricidad*. Récupéré de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELÉCTRICA.pdf>