



HAL
open science

L'intégration des motos électriques dans les systèmes de transport urbain en Afrique : constats et perspectives

Amedokpo Yao Tsoekeo, Virginie Boutueil

► To cite this version:

Amedokpo Yao Tsoekeo, Virginie Boutueil. L'intégration des motos électriques dans les systèmes de transport urbain en Afrique : constats et perspectives. *Géotransports*, 2023, La motocyclette dans tous ses états en Afrique, 17-18. hal-04510768

HAL Id: hal-04510768

<https://hal.science/hal-04510768>

Submitted on 19 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'intégration des motos électriques dans les systèmes de transport urbain en Afrique : constats et perspectives

Yao Tsoekeo AMEDOKPO & Virginie BOUTUEIL

Laboratoire Ville Mobilité Transport, École des Ponts ParisTech – Université Gustave Eiffel, 6-8 avenue Blaise Pascal, 77420 Marne-la-Vallée cedex 2, France

Résumé : Plusieurs fois annoncée et plusieurs fois avortée, la révolution du secteur des transports par les véhicules électriques (VE) semble décidément amorcée depuis une décennie. À l'ombre des véhicules de tourisme qui incarnent le segment stratégique de ce marché, prospèrent les deux-roues motorisés électriques. Si l'Afrique n'en représente qu'une infime partie, il n'en reste pas moins que l'intégration des motos électriques dans l'offre de transport urbain sur le continent se fait à un rythme relativement rapide depuis quelques années. La présente contribution propose d'analyser l'essor récent des motos électriques en Afrique et leur intégration dans les systèmes de transport urbain. Elle s'appuie pour ce faire sur une approche de l'analyse par projet qui articule un recensement exhaustif des projets de mobilité électrique adossés aux motos à l'organisation d'entretiens semi-directifs. Il en ressort essentiellement que la diffusion des motos électriques en Afrique est un processus récent dont les principaux marchés de niches se trouvent dans les villes à l'Est du continent, connues à la fois pour leur dépendance aux motocyclettes et leur appétence en termes d'innovation. La plupart de ces projets relèvent d'initiatives locales impulsées par des startups qui s'appuient sur des modèles d'affaires originaux valorisant les approches de l'économie du partage et de l'économie circulaire en vue de limiter les barrières à l'adoption des motos électriques notamment sur les marchés du *Bottom of Pyramid*.

Mots clés : moto électrique, *top-down/bottom-up*, marché de niche, *business model*, *Bottom of Pyramid*, Afrique

Electric motorcycles integration in urban transport systems in Africa: insights and prospects

Abstract : Several times announced and several times aborted, the electric vehicle (EV) revolution in the transportation sector seems to have been decisively underway for a decade. Behind the passenger vehicles that represent the strategic segment of this market, electric motorized two-wheelers are booming. Although Africa accounts for only a tiny share of this market, electric motorcycles have been integrated into the continent's urban transport offer at a relatively rapid pace for several years. Thus, the conversion of all or part of the current and future fleet of motorcycles in Africa to electric engine will inevitably have strong social, economic and environmental impacts on this segment, given its place in urban transport systems. This paper aims to analyze the recent rise of electric motorcycles in Africa, their geographic deployment, the ecosystem of stakeholders that is emerging and the broadcast strategies implemented. It is based on a project-based analysis approach articulated in two complementary phases. The first phase involved an exhaustive census of electric mobility projects involving motorcycles on the continent, by using online print media and multimedia content mobilized through video hosting websites such as YouTube. The second, based on semi-structured interviews, aims to validate the secondary information from the initial collection and supplement it with primary data not available online. The results show that the diffusion of electric motorcycles in Africa is a recent process, with the main niche markets being in the eastern cities of the continent, which are known for both their dependence on motorcycles and

their innovation capabilities. Most of these projects are local initiatives driven by local startups and entrepreneurs who rely on original business models based on sharing economy and circular economy approaches to limit the barriers of electric motorcycle adoption, especially in the Bottom of Pyramid markets.

Keywords : electric motorcycle, top-down/bottom-up, niche market, business model, Bottom of Pyramid, Africa

Introduction

Au cours des 30 prochaines années, près de 7 Africains sur 10 vivront en ville (Salenson, 2020). L'ampleur et la rapidité de l'urbanisation sur ce continent en font un sujet de préoccupation majeure au regard des nombreux problèmes qu'il entraîne. Dysfonctionnement des systèmes urbains, crise du logement et de l'emploi, sous-équipement chronique, mais aussi crise des transports et de la mobilité sont quelques-uns des effets de cette croissance des villes africaines dont l'étalement spatial est de surcroît sans commune mesure (Yiran *et al.*, 2020). À mesure que les villes s'étendent et que leur nombre d'habitants s'accroît, les besoins, pratiques et habitudes en termes de mobilité augmentent et/ou se renouvellent pour s'adapter aux dynamiques urbaines. Dans la plupart des villes africaines, les questions de mobilité induites par l'urbanisation et surtout l'étalement posent d'énormes défis qui semblent jusque-là difficiles à résoudre par des politiques publiques de transport peu opérationnelles. Au problème de pénurie largement documenté dans la littérature (Godard, 2002 ; Diaz Olvera *et al.*, 2010 ; Mfoulou Olugu, 2018), s'ajoute celui des externalités négatives liées aux transports, en l'occurrence la pollution qui s'intensifie à mesure que la population, les revenus par habitant et les déplacements motorisés augmentent (Collett *et al.*, 2020).

Pour faire face à ce nouveau défi, divers Etats africains (dont le Ghana, le Kenya, le Nigéria, le Rwanda, l'Afrique du Sud, ou encore l'Ouganda, etc.) ont récemment expérimenté et/ou adopté plusieurs mesures fortes visant à réduire l'impact des transports sur l'environnement (Bakker *et al.*, 2019). Parmi celles-ci, figurent l'interdiction ou la limitation de l'âge d'importation des véhicules d'occasion (United Nations Environment Programme, 2020), la promotion des mobilités douces (Kigozi, 2022 ; Uzundu, 2022), l'instauration des *low emission zones* et/ou des *car-free days* (Subramanian *et al.*, 2020 ; El-Dorghamy *et al.*, 2021 ; Kalisa *et al.*, 2022), ou encore, le développement des transports capacitaires adossés à des projets de type *Bus Rapid Transit* (BRT) dans la perspective d'un report modal (Wood, 2015 ; Poku-Boansi *et al.*, 2018).

Plus récemment encore, des réflexions sur le déploiement des véhicules à carburants alternatifs ont émergé sur le continent avec une attention marquée pour les véhicules électriques (VE). Une part significative de ces initiatives d'électrification des transports dans les villes africaines se concentre sur les segments de véhicule de plus petite capacité (Amedokpo *et al.*, 2022). Elles concernent en particulier l'électrification des motos, habituellement peu valorisée dans les stratégies de décarbonation des transports dans les pays dits développés malgré leur rôle potentiel dans la lutte contre le changement climatique et la croissance accélérée de ce parc de véhicule ((Kerdlap and Gheewala, 2016).

Comparées aux motos électriques, les motos conventionnelles présentent de nombreux inconvénients notamment en termes de qualité de l'air. Plus particulièrement, il est admis que les motos conventionnelles à faible coût (Ouassa Kouaro, 2014) produisent des niveaux de pollution locale très élevés (Guerra, 2019). C'est le cas par exemple des motos munies d'un moteur à 2 temps, pourtant les plus répandues dans les villes africaines comme à Cotonou où les autorités locales cherchent à les remplacer par des moteurs à 4 temps jugés moins polluants (Ouassa Kouaro, 2014). Dans une étude sur la qualité de l'air à Paris, (Dallmann *et al.*, 2019)) montrent que, quel que soit le type de moteur considéré, les deux-roues motorisés atteignent des niveaux d'émissions polluantes bien supérieurs à ceux des voitures à essence, en moyenne 2,3 à 11,1 fois supérieurs pour le monoxyde de carbone et 1,2 à 6,1 fois supérieurs pour l'oxyde d'azote. (Hernandez *et al.*, 2019) arrivent à une conclusion similaire aux Etats-Unis. Selon ces auteurs, l'absence de normes d'émissions applicables aux motos et/ou leur suivi permissif comparativement aux autres segments de

motorisation serai(en)t à l'origine des écarts constatés. Les motos électriques constituent en cela une alternative à la question de la pollution générée par les motos conventionnelles. Vanatta *et al.* (2022) apportent la preuve dans une étude réalisée à Kampala (Ouganda). En comparant les émissions en phase d'usage des moto-taxis électriques à travers des données réelles de trajet et de recharge aux estimations du réservoir à la roue des motos conventionnelles sur les mêmes trajets, ces auteurs ont constaté que l'électrification des moto-taxis à essence réduirait significativement le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, l'oxyde d'azote et les émissions d'hydrocarbures de respectivement 36%, 90%, 58% et 99% (Vanatta *et al.* 2022).

Les gains environnementaux des motos électriques par rapport à leurs équivalents thermiques se vérifient également en termes d'émissions de gaz à effet de serre, y compris dans le cas d'un mix électrique fortement carboné. En s'appuyant sur une analyse du puits à la roue, (Doucette and McCulloch, 2011) ont montré qu'en Chine et en Inde, les motos électriques constituent le seul segment de VE qui émet moins de CO₂ par kilomètre que leurs équivalents thermiques. Au gain environnemental des motos électriques, s'ajoutent d'autres gains de performance liés, entre autres, à une faible consommation d'énergie ((Majumdar, Majumder and Jash, 2016), ou encore, à des coûts d'exploitation très réduits (Koossalapeerom *et al.*, 2019)), ce qui en fait un segment à fort potentiel pour l'électrification des transports, particulièrement dans les pays en développement (Rajper and Albrecht, 2020a).

En Afrique où l'usage privé et/ou commercial de la moto reste très répandu, les motos électriques pourraient constituer une alternative viable aux motos à essence (Black *et al.*, 2018). L'objectif principal de cet article est d'analyser l'essor des motos électriques et leur intégration dans les systèmes de transport urbain en Afrique. Il procède de quatre principales analyses : i) une analyse diachronique permettant de retracer l'évolution de l'offre de motos électriques à l'échelle du continent ; ii) une analyse géographique qui dresse une répartition de cette offre et met en exergue quelques potentialités intrinsèques aux territoires de déploiement) ; iii) une analyse typologique qui identifie les catégories d'acteurs à l'origine de ces projets et éclaire leurs logiques de déploiement ; et enfin, iv) une analyse stratégique basée sur la proposition de valeur inhérente aux modèles d'affaires adoptées par les porteurs de projets.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons adopté une démarche méthodologique structurée en deux phases. La première phase repose sur un recensement exhaustif des projets de mobilité électrique à travers une revue de presse et la mobilisation de contenus multimédias. Les projets de mobilité électrique correspondent par définition, aux projets de construction locale de motos électriques et/ou de services de mobilité basés sur l'usage de motos électriques (ce périmètre exclut les implantations industrielles de fabricants étrangers, détaillants ou simples distributeurs de motos électriques). Suivant les types de propulsion électrique, la recherche s'est intéressée uniquement aux motos munies d'un moteur électrique et alimentées principalement par une batterie, ce qui exclut les trois-roues motorisés généralement intégrées dans les statistiques officielles sur les deux-roues motorisés (Eccarius *et al.*, 2019). Ce choix de segment répond à la structure des flottes de deux-roues motorisés en Afrique largement dominée par les motos. Grâce à une baisse considérable de leurs coûts portée par le marché chinois, la diffusion et l'usage commercial des motos dans les villes africaines a accompagné la croissance et l'étalement urbain des deux dernières décennies (Guézéré, 2013 ; Chenal, 2017). Les triporteurs ou *rickshaw* appartenant également à la famille des technologies *low cost* ou d'« offre par le bas » pour reprendre l'expression de Diaz Olvera *et al.*, (2007) suivent depuis peu la même trajectoire (Tastevin, 2015). Leur diffusion quoique rapide dans certaines villes africaines (Le Caire, Dar-es-Salam, Nairobi, etc.) reste néanmoins modérée par rapport à celle des motos. Enfin, en fonction de leur maturité, trois niveaux de projets ont été pris en compte par le recensement : les projets en phase de prototypage, les projets pilotes et les projets en phase de déploiement, ce qui exclut les preuves de concept (Fabbri, 2017, Courtot *et al.*, 2021). Le recensement des projets a été réalisé entre mars et juillet 2020, suivi d'une mise à jour en octobre 2021. Il a permis d'identifier 36 projets couvrant une période allant de 2011 à octobre 2021.

La seconde phase de la collecte des données reposait sur l'organisation d'entretiens semi-directifs avec les porteurs de projets. Elle a une vocation confirmatoire des données collectées au cours de la phase de recensement. Mais du fait des bouleversements induits par la pandémie de la COVID-19 et les contraintes liées au travail à distance, seulement deux entretiens ont pu être réalisés en visio (avec des interviewés au Sénégal et en Tunisie), ce qui a conduit à reporter à une date ultérieure, l'atteinte de l'objectif initial qui est de réaliser *a minima* un entretien par projet recensé. Il s'agit là d'une des limites de cette étude qui s'appuie pour l'essentiel sur les données collectées à travers la revue de presse et sur les sites web officiels des porteurs de projets.

Le reste de l'article est structuré en quatre parties. Elles détaillent suivant les objectifs précédemment déclinés, les principaux résultats obtenus. Une conclusion dresse en dernier ressort le bilan global de l'étude et discute de la pertinence des choix opérés par les acteurs.

1. Essor et typologie des projets liés aux motos électriques en Afrique

L'intégration des motos électriques dans les systèmes de transport urbain en Afrique est relativement récente. La première moto électrique a été introduite sur le continent en 2011 par la startup sud-africaine *Freedom Won*, spécialisée dans la conversion de véhicules à moteur thermique en véhicules électriques. Globalement, la dynamique des projets d'électrification des motos en Afrique peut être séquencée en 4 phases. Jusqu'en 2018, les projets impliquant le déploiement des motos électriques se sont limités à quelques expérimentations avec la construction et/ou le test de premiers prototypes. La phase de diffusion proprement dite des motos et de leur usage dans les systèmes de transport commence à partir de 2019. Elle est marquée par une entrée sur le marché de plusieurs acteurs du côté de l'offre (12 projets) et la création de premiers marchés de niche. Cette phase de croissance aura néanmoins pour suite une troisième phase, caractérisée par une décélération en 2020, avec seulement quatre nouveaux projets lancés au cours de cette année. La crise sanitaire liée à la pandémie du coronavirus pourrait avoir joué un rôle dans cette décélération. En effet, la large diffusion des mesures de restrictions sociales telles que le confinement et la distanciation sociale ont fortement ébranlé le secteur des transports. Les services de transport de passagers utilisant les deux-roues motorisés ont en particulier fait l'objet de mesures de restriction temporaire dans plusieurs villes africaines (Liverpool-Tasie, Reardon and Belton, 2021). Le ralentissement de la pandémie constaté au début de l'année 2021 semble néanmoins amorcer une nouvelle dynamique avec un total de 14 nouveaux projets recensés en seulement dix mois. Cela porte le nombre total de projets recensés sur la période 2011 à octobre 2021 à 36 projets (Tab. 1) dont 6 en phase de prototypage (Feiyang electric vehicles (U) Ltd, Freedom Won, Karka-bike, Opibus, Rema, Sakpata motors) et en phase pilote (Cango, luea, Kcca, Pnud, Province de Rehamma, Southern African Wildlife College) contre 24 en phase de déploiement (Amee, Ampersand, Asambe, Beswag, Bodawerk, Bolt, Eco bodaa, Ecotran, Fika Mobility, Fondation Jardin Majorelle, Glide, Kiri EV, Max.ng, Mazi Mobility, Ndiaye Transport, Obamotors, Safi Ltd, Siltech, Solar Taxi, Tpl Onthego, Uber, Yamee, Zembo).

Tab. 1 : Typologie des projets d'électrification des motos déployés en Afrique de 2011 à octobre 2021 (N= 36)

Type de projet	Caractéristique(s)	Acteur(s)	Nombre
Service/Exploitation	- transport à la demande	Asambe, Bolt, Cango, Ecotran, Max.ng, Ndiaye Transport, Tpl Onthego, Uber, Yamee	16
	- échange de batterie	Stima Mobility	
	- flotte d'entreprise*	Amee, Fondation Jardin Majorelle, Kcca, Pnud Province de Rehamma Southern African Wildlife College	

Construction	- assemblage local - fabrication locale	Beswag, Feiyang electric vehicles (U) Ltd, Glide, Iuea, Karka-bike, Obamotors, Opibus, Siltech	11
	- retrofit	Freedom Won, Rema, Sakpata motors	
Construction & Service/ Exploitation	- assemblage local - échange de batterie	Ampersand, Eco bodaa, Fika Mobility, Kiri EV, Mazi Mobility, Zembo	9
	- assemblage local - transport à la demande	Safi Ltd, Solar Taxi	
	- retrofit - échange de batterie	Bodawerk	
Total			36

* Il s'agit des flottes publiques/privées

Source : les auteurs, 2021

En plus d'une tendance globale à l'augmentation de l'offre, le déploiement de l'électromobilité adossée aux deux-roues motorisés en Afrique se caractérise également par une grande diversité des projets déployés. La typologie suivante établit trois grandes catégories.

La première catégorie rassemble les projets adossés à un service de mobilité impliquant l'exploitation d'une flotte de motos électriques et/ou d'un parc de batteries. Elle représente la majorité des projets recensés (16 projets) et porte plus spécifiquement sur des services de transport à la demande de passagers et/ou de livraison via une application, des stratégies d'électrification de flottes publiques ou privées, ou encore, des services d'échanges de batterie.

La seconde catégorie est constituée uniquement de projets de fabrication locale de motos électriques. Elle représente le deuxième groupe numériquement le plus important avec 11 projets. Il s'agit dans la plupart des cas d'assemblage local à partir de pièces importées. Cette catégorie comporte néanmoins une certaine diversité en fonction de la proportion de pièces importées entrant dans le montage des motos et de leur état (neuf ou *retrofité*) à la fin du cycle de production. Trois variantes peuvent être identifiées : i) un assemblage local avec la totalité des pièces importées (*Ampersand* à Kigali¹) ; ii) un assemblage local intégrant à la fois des pièces importées et des pièces fabriquées localement (*Opibus* à Nairobi²) ; enfin, iii) la conversion d'anciennes motos conventionnelles en électriques avec un minimum de pièces importées (*Bodawerk* à Kampala³).

Ces différentes stratégies de fabrication recouvrent plusieurs enjeux à la fois pour les porteurs de projets, les utilisateurs finaux et les territoires. Pour les porteurs de projets par exemple, elles offrent, selon les formes d'assemblage, la possibilité de réduire significativement les coûts de production (et par ricochet, le prix des motos proposées à la vente), une montée en compétence de la main d'œuvre locale, l'adaptation des motos aux conditions locales (choix de technologie de batterie adapté aux conditions climatiques par exemple), l'occasion de donner une seconde vie à de vieilles motos à essence par la conversion, ou encore, le recyclage de composants électriques et électroniques valorisés dans une nouvelle chaîne de production. Les projets de fabrication locale de motos électriques sont également de nature à profiter aux utilisateurs finaux, par des prix d'achat plus compétitifs, par une disponibilité accrue des pièces de rechange et d'un personnel compétent pour la maintenance des véhicules. Enfin, les projets de construction locale offrent aux territoires où ils sont déployés, l'opportunité d'accélérer l'adoption rapide de la technologie auprès des utilisateurs finaux grâce à des coûts totaux de production réduits, l'accroissement de l'offre d'emplois industriels et de services (pour la maintenance des véhicules), la réduction des

¹ <https://www.bbc.com/news/business-58820548>

² <https://cleantechnica.com/2021/03/18/opibus-electric-motorcycles-designed-built-in-kenya-for-africa/>

³ <https://issuu.com/siemensstiftung/docs/e-mobility-in-rural-africa/s/10732861>

importations de biens manufacturés (et à terme, de carburant), la création de *clusters* industriels et une montée en puissance de l'industrie locale de moto.

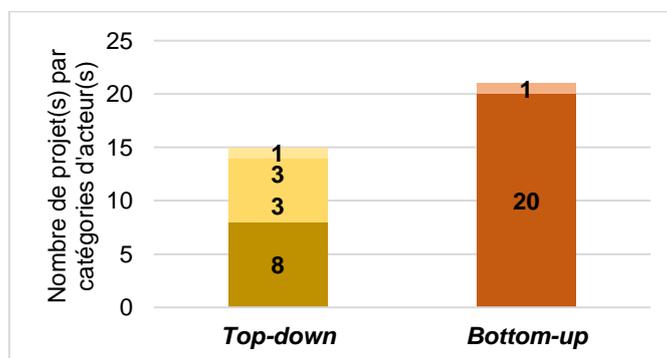
La dernière catégorie (9 projets) regroupe des projets qui adossent à la fabrication, l'exploitation d'un ou plusieurs service(s), par exemple dans le cadre d'un système produit-service (*product-service system*) (Beuren *et al.*, 2013 ; Haase *et al.*, 2017 ; Ensslen *et al.*, 2020 ; Zheng *et al.*, 2021 ; Kurpiela *et al.*, 2022). Elle constitue numériquement le groupe le moins important avec 10 projets recensés mais présente l'intérêt de cumuler les avantages des projets associés à la construction et des projets associés à l'exploitation.

2. Deux approches de déploiement : *top-down/bottom-up*

L'ensemble des projets recensés se caractérise par une diversité d'acteurs correspondant à des logiques de déploiement toutes aussi variées. Une distinction basée spécifiquement sur le profil des porteurs de projet⁴ permet néanmoins de distinguer deux approches principales : une approche par le haut (*top-down*) et une approche par le bas (*bottom-up*) (Sabatier, 1986a).

La première approche rassemble des initiatives portées essentiellement par des acteurs publics quelle que soit l'échelle (Etat et/ou collectivités locales), les institutions de recherche et autres agences gouvernementales, les organisations internationales et non-gouvernementales, les plateformes internationales de mobilité partagée non-natives du continent. La seconde approche inclut des projets portés par des startups locales de mobilité et des entrepreneurs individuels locaux. Ces derniers acteurs (startups locales de mobilité et entrepreneurs individuels locaux) constituent la cohorte la plus dynamique dans les projets d'électrification de la mobilité sur le segment des deux-roues motorisés en Afrique (Fig. 1).

Fig. 1 : Approches de déploiement selon le profil des porteurs de projets d'électrification des motos en Afrique de 2011 à octobre 2021 (N= 36)



Source : les auteurs, 2021

- Organisations internationales
- Etats/Collectivités locales
- Universités/Organismes de recherche
- Plateformes internationales de mobilité partagée
- Startups
- Entrepreneurs locaux

L'approche *bottom-up* représente près des 2/3 de l'ensemble des projets recensés. Ceux-ci sont portés pour la plupart par des startups de mobilité dont on constate le rôle

⁴ Selon l'Office québécois de la langue française, 2015, un porteur de projet défini comme « toutes personnes physiques ou morales à l'origine de la conception et de la définition d'un projet, qui assurent ou coordonnent la réunion de diverses ressources qui font déboucher le projet sur une mise en œuvre concrète et sur le démarrage des activités ».

croissant dans l'écosystème de la mobilité. Leur essor aussi bien à l'échelle mondiale qu'à celle de l'Afrique est l'une des manifestations de la diffusion des innovations dans le secteur des transports, stimulée en particulier par le numérique et les véhicules à carburant alternatif dont les véhicules électriques (Canales *et al.*, 2017). Bien qu'elle puisse interroger, la faible présence de projets portés par les acteurs publics dans les initiatives *top-down* semble faire écho au schéma classique de l'offre de transport sur le segment des deux-roues motorisés en Afrique, historiquement présentée comme une réponse « par le bas » (Diaz Olvera *et al.*, 2009).

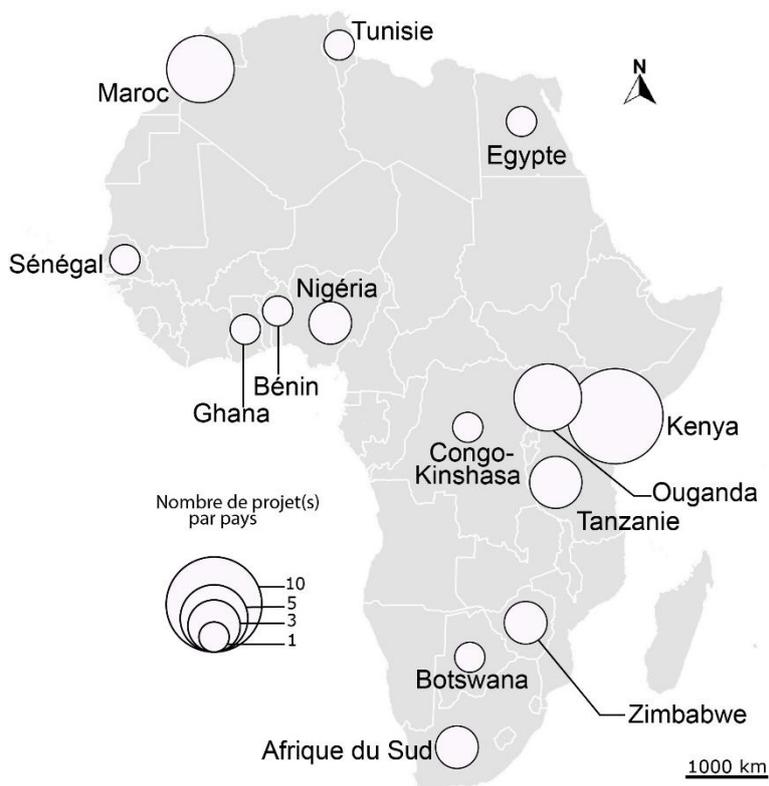
Néanmoins, ces deux approches de déploiement ne s'opposent pas. Les jeux d'acteurs autour des projets indiquent bien souvent l'existence de relations synergiques entre acteurs des deux catégories dans le cadre de partenariats public-privé. C'est notamment le cas en Ouganda où les autorités de la ville de Kampala et la startup locale de mobilité électrique *Zembo* ont conjointement mis en place un programme de développement urbain durable visant à promouvoir l'utilisation des énergies propres pour les transports grâce à un financement de l'Union Européenne. Entamé en 2020, ce projet porte sur l'intégration à titre expérimental dans la flotte de la municipalité, de motos électriques assemblées localement par la startup *Zembo* et sur le financement d'une station de charge photovoltaïque. La station demeure la propriété de la ville mais est exploitée par *Zembo* qui accompagne une équipe du personnel de la municipalité sur le plan opérationnel (EEP Africa et Nordic Development Fund, 2020). Des exemples de collaboration similaires existent également au Rwanda entre l'Autorité rwandaise de gestion de l'environnement (REMA) soutenue par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et Rwanda Electric Mobility Ltd, une entreprise locale spécialisée dans la conversion des motos à essence en motos électriques (Undp, 2021).

Au demeurant, le rôle moteur que jouent les acteurs du « bas » (à la fois de façon individuelle et/ou dans le cadre de partenariats multiples en l'occurrence les partenariats publics-privés) souligne dans une certaine mesure, un continuum dans la réponse à la crise d'offre de mobilité en Afrique face au désengagement des États (Malukisa Nkuku, 2019). L'essor du *paratransit* tient en effet des dysfonctionnements observés dans l'offre de transport public depuis près de cinq décennies sur le continent (Boutueil *et al.*, 2020). Opérant parfois à la limite de la légalité ou progressivement intégrés selon les contextes (Schalekamp, 2017 ; Boutueil *et al.*, 2020), les opérateurs privés de transport (officiels ou non) constituent dans plusieurs villes africaines des acteurs clés du système de mobilité. Le passage à l'électrique de ces derniers peut être interprété comme un effort d'alignement sur les problématiques actuelles de durabilité des transports dans l'optique de répondre aux enjeux écologiques mais aussi pour exploiter le potentiel économique que revêt ce marché en Afrique.

3. Des inégalités de répartition révélatrices de barrières sociotechniques et politico-économiques intrinsèques aux territoires ?

Il existe une forte disparité dans la répartition géographique des projets recensés. En plus d'être récente en Afrique, l'électromobilité adossée aux deux-roues motorisés ne se déploie pas à un rythme homogène sur le continent, pas plus qu'elle ne concerne toutes ses sous-régions. Seulement quatorze pays et une trentaine de villes sont concernés par ces projets (Fig. 2).

Fig. 2 : Répartition par Etats des projets d'électrification des motos en Afrique de 2011 à octobre 2021 (N= 36)



Source : les auteurs, Observatoire de la mobilité électrique en Afrique, recensement 2021

Trois pays se démarquent précisément dans ce recensement. Il s'agit du Kenya avec 10 projets, suivi de l'Ouganda et du Maroc comptant chacun 5 projets. Une analyse à l'échelle sous régionale place l'Afrique de l'Est en tête avec le quatuor Kenya, Ouganda, Rwanda et Zimbabwe qui concentre plus de la moitié des projets (20 projets des 36 recensés). Malgré un marché adressable tout aussi important qu'en Afrique de l'Est, l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique Centrale paraissent moins concernées par le déploiement de projets associés aux motos électriques. Cette disparité dans la transition vers l'électrification peut s'expliquer par différents facteurs dont l'impact des dispositifs de régulation des motos (Boutueil *et al.*, 2022) et la culture entrepreneuriale (Manga, 2022).

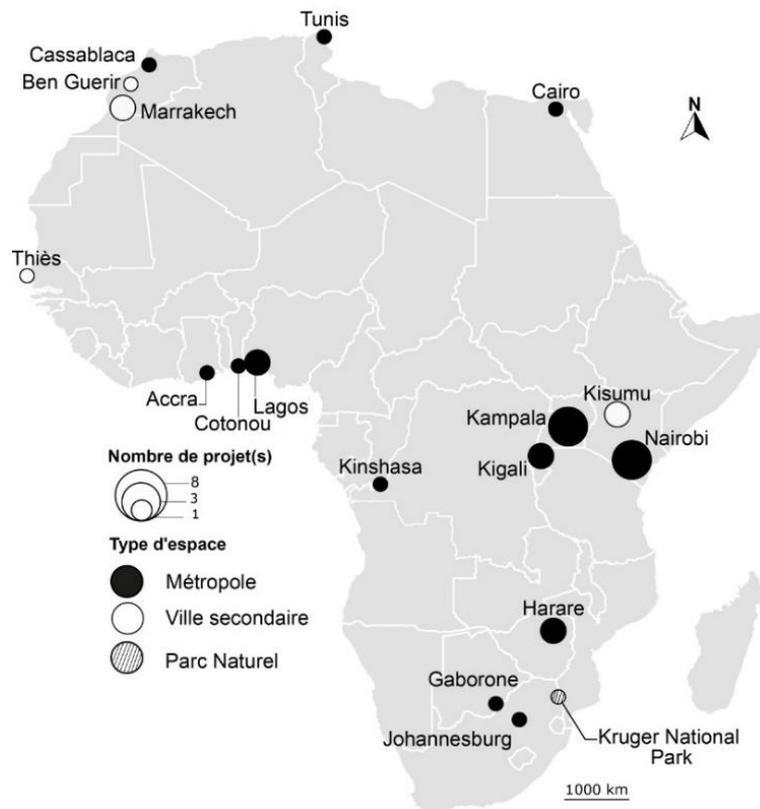
Dans plusieurs pays et grandes villes en Afrique de l'Ouest et du Centre, les dispositifs de régulation interdisant l'usage des motos se sont fortement renforcés ces dernières années face à la croissance des externalités négatives liées à l'explosion des parcs de motos (congestion, pollution, augmentation des accidents) mais aussi aux usages détournés dont les motos font l'objet, notamment pour les actes de criminalité protéiformes incluant également le terrorisme (Uchehara, 2018 ; Donko *et al.*, 2021). Fondés sur l'interdiction intégrale de l'usage des motos, ils constituent une forte barrière à l'entrée sur le marché des motos électriques

pour divers acteurs. Au Ghana, au Sénégal ou encore en Côte d'Ivoire par exemple, l'usage commercial des motos reste formellement interdit à l'échelle nationale, même s'il existe une certaine tolérance vis-à-vis des acteurs de ce secteur (notamment sur le marché de la livraison). Des restrictions similaires existent au niveau local avec une certaine volonté de bouter les motos hors des centres-villes de capitales comme Ouagadougou, Conakry, Monrovia, Yaoundé, Libreville, Brazzaville, Douala, Ndjamena, etc., (Boutueil *et al.*, 2022). Le cas le plus emblématique reste certainement celui de Lagos. Adoptée en 2018 (Lagos State Government, 2018), la nouvelle loi de réforme du secteur des transports de l'État de Lagos interdisant l'usage à titre onéreux des motos d'une cylindrée inférieure à 200 cm³ a profondément bouleversé l'écosystème émergent de la mobilité électrique adossée aux deux-roues motorisés tout comme celui des plateformes de mobilité partagée utilisant des motos conventionnelles (Okusami *et al.*, 2020). Elle a contraint les startups locales comme *Max.ng* à s'équiper de motos électriques les plus chères du marché pour respecter la contrainte de cylindrée, ce qui constitue un handicap de plus à la viabilité de leur modèle économique.

En revanche, dans plusieurs pays à l'Est du continent (notamment au Rwanda, au Kenya et en Ouganda), des mesures de régulation plus intégratives des acteurs soutiennent fortement le marché historique des motos. A cela peuvent s'ajouter un discours politique favorable à l'électrification des motos et une promotion de l'*empowerment* renforcée par les pratiques *do it yourself* qui ont vu émerger plusieurs startups dans ces pays, particulièrement dans le domaine de la mobilité électrique (Binagwaho, 2020). Selon une étude exploratoire du World Resources Institute sur les startups de mobilité basées sur la technologie en Afrique (de 2010 à 2019), Nairobi apparaît par exemple comme la ville ayant la plus forte concentration de startups de mobilité en Afrique impliquées dans des services de mobilité partagée, des innovations technologiques pour les performances des véhicules, l'expérience des navetteurs ou la prise de décision basée sur les données (Galuszka *et al.*, 2021). Kigali et Kampala suivent des tendances similaires (Galuszka *et al.*, 2021 ; Boutueil *et al.*, 2022), ce qui pourrait expliquer que la majorité des projets recensés se trouvent dans ces villes.

Une autre logique dans le choix de marché des acteurs est la tendance à s'implanter initialement dans les villes métropoles avant de s'étendre à d'autres territoires. Cette logique de marché s'explique par le fait qu'à l'échelle respective des pays, ce sont les métropoles qui concentrent l'essentiel de l'activité économique, offrent de plus grandes possibilités d'utilisation des motos électriques avec l'augmentation des besoins de mobilité et la présence d'une population solvable (hormis les projets adossés à des flottes d'entreprises).

Fig. 3 : Marchés primaires* de déploiement des projets d'électrification des motos en Afrique de 2011 à octobre 2021 (N= 36)



* Le concept de marché primaire recouvre ici une dimension purement géographique. Il correspond au lieu où les porteurs de projets ont initialement déployé leurs projets. Il ne tient pas compte des déploiements *a posteriori* fussent-ils à l'échelle du lieu originel ou non.

Source : les auteurs, Observatoire de la mobilité électrique en Afrique, recensement 2021

Enfin, en Afrique du Nord et en Afrique Australe, le faible nombre de projets d'électrification des motos fait écho à l'usage limité de ce mode de transport dans les systèmes de transports locaux. De plus, contrairement au reste du continent, nombre de ces projets s'inscrivent dans une approche principalement industrielle, avec des fabricants locaux comme *Glide* en Egypte, *Beswag* et *Obamotors* au Maroc. Il n'existe quasiment pas de projet visant l'exploitation des motos électriques à destination du grand public excepté les flottes d'entreprises. Bien qu'il existe une volonté manifeste d'aller vers la mobilité électrique dans ces pays, les choix ou stratégies opérés restent largement orientés vers les véhicules légers et lourds, en particulier les véhicules de tourisme et les bus qui y représentent plus de la moitié de la part modale des transports motorisés (El-Geneidy *et al.*, 2014)).

4. Des modèles économiques innovants réduisant les barrières à l'adoption

Plusieurs études sur l'adoption des VE par les consommateurs ont indiqué le prix comme principale barrière relative à l'intention d'achat (Egbue and Long, 2012) ; (Kumar and Alok, 2020) (Lance *et al.*, 2020) (Moeletsi, 2021). Bien que le coût des batteries continue de baisser considérablement, réduisant le prix à la vente des VE, la parité des prix avec les véhicules thermiques n'est à ce jour pas encore atteinte (Soulopoulos, no date) ; (Sioshansi and Webb, 2019) En l'absence d'incitations fortes, l'argument du prix de vente demeure un frein malgré un potentiel avantage des VE en termes de coût total de possession (TCO) dépendant des coûts des énergies, des coûts de maintenance et de l'intensité d'usage (Moon and Lee, 2019) ; (Mohammadzadeh, Zegordi and Nikbakhsh, 2021). Dans une étude basée sur les barrières à l'adoption de la moto électrique dans le nord du Ghana, (Wahab and Jiang, 2019) révèlent par exemple que le prix à l'achat des motos et l'absence de subventions

gouvernementales viennent en première position comme obstacles chez les utilisateurs de moto interrogés, bien avant les représentations sur la performance et l'autonomie des motos.

En réponse au frein économique associé au passage à l'électrique dans un double contexte d'absence d'incitations et de revenus par habitant extrêmement faibles, les acteurs de l'offre mettent en place des stratégies ou modèles d'affaires ingénieux pour tenter de dégager des profits et accélérer l'adoption de la technologie (Figure 3). En l'absence de données exhaustives sur l'ensemble du modèle d'affaire des acteurs, l'analyse s'est concentrée en particulier sur la proposition de valeur qui représente l'une des composantes centrales des modèles d'affaires tels que définis par (Osterwalder and Pigneur, 2013).

Fig. 4 : Propositions de valeur inhérentes aux projets d'électrification des motos en Afrique de 2011 à octobre 2021

Projets		Vente directe (batterie incluse)	Vente directe (sans la batterie)	LOA (V/B/M&B)	Service d'échange de batterie	Service de mobilité partagée	No data
Construction	Besweg	■					■
	FE V (U) Ltd	■					
	Freedom won	■					
	Glide	■					
	IUEA						■
	Karka-Bike			V&B			■
	Obamotors	■					■
	Rema						■
	Opibus	■					
	Sakpata motors	■					
Siltech	■						
Service	Asambe					■	
	Bolt						
	Cango						■
	Ecotran						■
	Max.ng			V&B			
	Ndiaye Transport			V&B			
	Tpl Onthego						
	Stima Mobility	■			■		
	Uber					■	
	Yamee					■	
Construction & Service	Ampersand	■		V	■		
	Eco bodaa			V&B	■		
	Bodawerk		■	B	■		
	Fika Mobility			V&B	■		
	Kiri EV	■		V&B	■		
	Mazi Mobility	■		V&B	■		
	Safi Ltd	■				■	
	Solar Taxi	■				■	
	Zembo			V&B	■		
	Exploitation en flotte d'entreprise	Amee					
Kcca			Zembo	Ouganda			
FJM			Yadea	Chine			
Province de Rehamma			Besweg	Maroc			
Pnue			Tailg	Chine			
Southern African Wildlife College			Cake	Suède			

LOA : location avec option d'achat

V : véhicule

B : batterie

Source : les auteurs, 2021

Très peu de projets (moins d'une dizaine) adossent leurs propositions de valeur uniquement à la vente directe (avec ou sans batterie). Dans la plupart des cas, celles-ci intègrent des modèles de paiement échelonné comme la location avec option d'achat ou encore l'utilisation des motos dans le cadre d'un service de mobilité partagée. D'autres projets proposent une réduction des freins liés à l'autonomie des véhicules ou à l'accès à l'électricité par le biais des solutions innovantes d'échange de batteries. Ces différentes options ont en commun, de favoriser l'accès aux motos électriques pour des communautés d'utilisateurs qui ne seraient pas compatibles avec un modèle simple de vente directe pour un usage individuel.

Par ailleurs, le secteur des moto-taxis semble constituer la cible principale des acteurs de l'offre. Il représente en effet la part de marché la plus importante des deux-roues motorisés

dans les villes africaines, mais aussi celle où la question de la propriété des engins emporte des répercussions importantes sur les conditions d'exploitation (Spooner *et al.*, 2020). A Lomé et à Kampala par exemple, plus de la moitié des conducteurs de moto-taxis (soit respectivement 58% et 60%) ne sont pas propriétaires des engins qu'ils conduisent (Guézéré, 2021 ; Spooner *et al.*, 2020). Dans le Comté de Kisumu au Kenya, (Nyachio, 2015) révèle que 56% des conducteurs travaillent pour des propriétaires de motos dans le cadre du système de cibles (versements quotidiens ou hebdomadaires correspondant à un objectif de recettes garanti au propriétaire) (Diaz Olvera *et al.*, 2016). L'étude établit également une relation entre la propriété de la moto, la rémunération des conducteurs, le nombre d'heures travaillées et les risques d'accident. Elle a montré que les conducteurs non-propriétaires sont plus exposés aux mauvaises conditions de travail (74% travaillent entre 16 et 18 heures par jour contre 54% pour les propriétaires) pour de faibles rémunérations. Elle révèle également que la possession de la moto par le conducteur réduisait de 57% la probabilité d'être impliqué dans un accident de moto. La proposition de solutions de location avec option d'achat ouvre ainsi l'accès à la propriété pour un public élargi de conducteurs de moto-taxis, avec des retombées bénéfiques possibles sur leurs revenus et conditions de travail.

Enfin, en plus du marché des conducteurs de moto-taxis, certaines startups ont adossé à leur activité initiale de vente de motos électriques, un service de transport pour compte d'autrui (passagers et/ou livraisons) par le biais des applications mobiles. Cette stratégie, tout en favorisant une intensité d'utilisation des véhicules nécessaire pour optimiser leur TCO, diversifie également les cas d'usages des motos électriques au sein du groupe d'utilisateurs finaux. Les projets d'exploitation des motos électriques en flotte d'entreprise (publique/privée) s'inscrivent dans une logique d'optimisation similaire des coûts qui consiste à les amortir par un usage intensif. D'autres logiques de réduction du coût unitaire des motos électriques avec un impact évident sur leurs prix de vente portent sur la valorisation de l'assemblage locale (grâce à une main d'œuvre peu coûteuse) et des principes de l'économie circulaire (par le biais du retrofiting et la fabrication de pièces reconditionnées). C'est notamment le cas de la startup ougandaise *Bodawerk* qui produit des motos électriques dont 90% des matériaux utilisés sont d'origine locale, seuls les moteurs électriques étant importés de Chine (Kuhudzai, 2020). La startup installée dans la capitale ougandaise convertit des motos à essence de la marque *Bajaj* en motos électriques alimentées par des batteries lithium-ion de seconde vie récupérées à partir d'anciens ordinateurs portables. Ce *modus operandi* lui permet de réduire le prix des motos et de les adapter aux capacités financières du marché cible (Kuhudzai, *op.cit.*).

Conclusion

Rapides, maniables, relativement abordables et surtout adaptées à la desserte des quartiers difficiles d'accès, les motos se sont imposées comme une réponse agile à la crise des transports que traversent la plupart des villes africaines depuis la « mort » des sociétés de transports publiques ((Diaz Olvera, Plat and Pochet, 2020b). Leur essor lié principalement au rôle primordial qu'elles jouent dans l'accessibilité urbaine contraste néanmoins avec les nombreuses externalités négatives auxquelles elles contribuent, ce qui alimente des controverses sur l'opportunité de leur maintien dans les systèmes de transport urbains (Marchais, 2009)(Feudjio, 2014). Si les problèmes d'insécurité et de congestion qu'elles génèrent semblent pour l'heure devoir encore faire l'objet de politiques ambitieuses de régulation, l'équation de la pollution locale paraît en revanche pouvoir trouver une solution au moins partielle dans la transition vers l'électromobilité.

Les initiatives d'électrification des deux-roues motorisés ont émergé en grand nombre en Afrique au cours des trois dernières années (2019-2021) et sont promues comme une solution durable aux systèmes de transports urbains. L'intégration des motos électriques dans les villes africaines va de pair avec l'évolution qualitative et quantitative du paysage de la mobilité illustrée par l'arrivée de nouveaux acteurs dans l'écosystème. Les startups de mobilité électrique figurent au premier rang de ces acteurs. Avec les entrepreneurs locaux, ils représentent les initiatives « par le bas », nettement plus importantes numériquement que les

projets « par le haut », en l'occurrence ceux relevant des acteurs publics (Etats&Collectivités locales). Entre ces deux catégories d'acteurs (Etats&Collectivités vs. Startups&Entrepreneurs locaux individuels), apparaît un troisième groupe constitué des organisations internationales (comme le Programme des Nations Unies pour le Développement), des plateformes internationales de mobilité partagée, mais aussi des universités et autres organismes du monde de la recherche qui entendent jouer un rôle de premier plan dans cette transition (Galuszka *et al.*, 2021), de la conception à la coordination en passant par la mise en œuvre, selon une approche qualifiée dans cette communication de « par le haut ».

Tout en s'appuyant sur les caractéristiques initiales du marché des deux-roues motorisés conventionnels en Afrique à travers ses codes et usages, ces nouveaux acteurs de la mobilité électrique (les startups en particulier) s'en écartent par l'originalité – pour le contexte local et au-delà – des solutions et modèles qu'ils déploient à travers leurs propositions de valeur. La plupart d'entre eux ont en effet saisi l'électrification des motos comme une fenêtre d'opportunité permettant selon les cas de réaliser des sauts industriels, par la fabrication ou l'assemblage local de motos électriques et/ou l'intégration de couches de services définissant des offres « produits-services » sans précédent sur le continent (Beuren *et al.*, 2013; Haase *et al.*, 2017; Ensslen *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2021; Kurpiela *et al.*, 2022). Alors que le marché actuel des motos conventionnelles est quasiment dominé par les importations, une part importante des motos électriques qui circuleront en Afrique dans les années à venir pourrait être fabriquée sur le continent. Mieux, d'autres contraintes imposées par l'électrification à savoir l'accès à une infrastructure de charge, l'autonomie des véhicules ou encore l'accès à l'électricité sont anticipées et intégrées dans l'offre de service des acteurs. Le développement de solutions d'échange de batterie en plus d'un réseau d'infrastructure de charge contribue à atténuer significativement le triple défi énergétique (autonomie, accès à l'électricité et disponibilité des bornes de recharge) auprès des utilisateurs finaux. L'obstacle lié au prix des motos électriques trouve également des réponses par le biais de dispositifs d'optimisation visant à réduire leurs coûts unitaires (grâce à l'assemblage local, la fabrication locale de pièces, le recyclage de matériaux entrant dans la chaîne de production, la conversion d'anciennes motos à essence en motos électriques, etc.), ou encore à travers des stratégies de distribution axées sur des modèles de location avec option d'achat (LOA) qui permettent de répondre aux difficultés de trésorerie ou d'accès au financement (pour l'investissement initial) auxquelles les conducteurs de moto-taxis sont souvent confrontés en Afrique. La LOA fait en cela écho au système traditionnel du *work and pay* (travailler pour payer) largement répandu dans le business model de l'industrie de la moto-taxi en Afrique, notamment à destination des conducteurs non solvables (Diaz Olvera *et al.*, 2013 ; Diaz Olvera *et al.*, 2016 ; Guézéré, 2017 ; Gok Yang, 2020). Une autre partie des projets adossent leurs propositions de valeur à l'usage des motos électriques plutôt qu'à leur possession par les particuliers via des plateformes numériques offrant des services basés sur les deux motos électriques.

Néanmoins, le déploiement de services d'échanges de batterie et d'infrastructures de charge basés sur des technologies assez différentes d'un acteur à un autre renforce la dépendance des usagers à ces acteurs et réduit par ricochet les possibilités d'interopérabilité pourtant nécessaires pour passer des marchés de niches aux marchés de masse (Sankaran and Venkatesan, 2021). La question de l'interopérabilité renvoie à une des dimensions cruciales de l'intervention des pouvoirs publics pour accompagner le déploiement de la mobilité électrique. Sur le plan technique, cela peut renvoyer à l'élaboration des standards communs concernant la forme des blocs de batterie ou le choix de la chimie (lithium, plomb, etc.). Sur le plan commercial, cela peut renvoyer à la régulation de la tarification et des modes de paiement et surtout à l'affirmation d'un impératif d'accessibilité de tous les usagers aux bornes. La littérature scientifique sur la diffusion des VE, notamment dans les pays développés, documente assez bien le lien entre les politiques publiques sur les enjeux de l'interopérabilité des bornes de recharge et la dynamique de déploiement des VE (Künle and Minke, 2020). Une diffusion des connaissances acquises sur d'autres marchés à destination des pouvoirs publics africains à différents échelons de gouvernement par exemple au cours de rencontres scientifiques, de missions d'expertise ou encore sous la configuration de formations à la carte visant le renforcement des capacités, etc., permettrait de poser les bases

de dispositifs de régulation adaptés pour l'écosystème des motos électriques dans les villes africaines (Kochenkova *et al.*, 2016).

La dynamique d'électrification des motos en Afrique comme dans la plupart des pays en développement témoigne d'une trajectoire adaptée aux pratiques de mobilité locales, notamment en Afrique subsaharienne où le parc roulant motorisé est fortement dominé par les deux roues. Elle contraste avec les trajectoires d'électrification des transports dans les Nord incarnées prioritairement par le véhicule de tourisme. Toutefois, si la moto électrique peut apporter une solution partielle aux problèmes de pollution (notamment en termes de polluants locaux) et offre une opportunité d'industrialisation au continent, les questions de congestion et de sécurité liées à l'augmentation rapide du parc demeurent entières et pourraient susciter des politiques de régulation comme l'introduction de quotas d'importation et/ou de restrictions d'importation sur certaines catégories de cylindrée comme c'est actuellement le cas dans un nombre croissant de pays sur le continent (Boutueil *et al.*, 2022).

Contributions des auteurs

Les auteurs confirment leur contribution à l'article comme suit : conception et design de l'étude : Y. T. Amedokpo, V. Boutueil ; collecte des données : Y. T. Amedokpo ; analyse et interprétation des résultats : Y. T. Amedokpo, V. Boutueil ; rédaction du manuscrit : Y. T. Amedokpo, V. Boutueil. Tous les auteurs ont revu les résultats et ont approuvé la version finale du manuscrit.

Déclaration de conflits d'intérêts

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt potentiel en ce qui concerne la recherche, la rédaction et/ou la publication de cet article.

Remerciements

Cette recherche a été financée par l'Institut de la Mobilité Durable Renault-ParisTech (IMD), dans le cadre du projet de recherche NexMob du LVMT (City Mobility Transport Lab) sur la mobilité automobile à l'ère des services.

ORCID iDs

Yao Tsoekeo Amedokpo : <https://orcid.org/0000-0003-4756-8851>

Virginie Boutueil : <https://orcid.org/0000-0001-8782-558X>

Bibliographie

- Akumu J., 2017, Improving Air Quality in African Cities, *UNEP*, 14 p.
- Amedokpo Y.T., Boutueil V., 2022, What Place for Electric Vehicles as a Research Object and a Practical Alternative to Internal Combustion Engine Vehicles in Africa? Toward a Research Agenda Based on a Systematic Literature Review and a Census of Electromobility Projects, *Transportation Research Record*, pp. 1-13
- Bakker S., Haq G., Peet K., Gota S., Medimorec N., Yiu A., Jennings G., Rogers J., 2019, Low-Carbon Quick Wins: Integrating Short-Term Sustainable Transport Options in Climate Policy in Low-Income Countries', *Sustainability*, 11(16), 17 p.
- Beuren F.H., Gomes Ferreira M.G., et Cauchick Miguel P.A., 2013, Product-service systems: a literature review on integrated products and services, *Journal of Cleaner Production*, 47, pp. 222–231.
- Binagwaho B., 2020, Kigali, un hub de la transformation numérique en Afrique, In Bariol-Mathais (dir), *Vers des villes africaines durables*, Editions Gallimard, Paris, pp. 125-127.
- Black A., Barnes J., Makundi B., Ritter T., 2018, Electric two-wheelers in Africa? Markets, production and policy, 4 p.
- Boutueil V., Lesteven G., Nemett L., 2020, Toward the Integration of Paratransit in Transportation Planning in African Cities, *Transportation Research Record*, 2674(9), pp. 995–1004.
- Boutueil V., Nemett L., Quillerier T., 2022, Trends in Competition among Digital Platforms for Shared Mobility: Insights from a Worldwide Census and Prospects for Research, *Transportation Research Record*, 2676(2), pp. 69–82.
- Boutueil V., Quillerier T., Amedokpo Y., 2022, Quels dispositifs de gouvernance et de régulation des motos-taxis dans les villes africaines?', in *2ème Colloque international du laboratoire de recherche PREDES avec l'EHESS, La motocyclette dans tous ses états en Afrique : mobilités, enjeux socio-économiques et représentations sociales*, Kara.

- Canales D., Da Silva L., Shastry., Bouton S., Trimble E., Thyane J., Knuper S., Powell M., 2017, *Connected Urban Growth: Public-Private Collaborations for Transforming Urban Mobility*, Siemens et WRI, 60 p.
- Chenal J., 2017, Et la Chine inventa l'étalement urbain en Afrique, grâce aux motos-taxis'. Available at: https://www.lemonde.fr/afrique/article/2017/01/26/et-la-chine-inventa-l-etalement-urbain-en-afrique-grace-aux-motos-taxis_5069594_3212.html (Accessed: 10 January 2023).
- Collett, K.A. et al. (2020) *Energy and Transport in Africa and South Asia*, Energy and Economy Growth, p. 36.
- Collett K.A., Hirmer S.A., 2021, Data needed to decarbonize paratransit in Sub-Saharan Africa', *Nature Sustainability*, 4(7), pp. 562–564.
- Courtot H., Boulouar A., Chantreuil S., Hafid B., 2021, *Cycle de vie et typologie des projets - Livre 5*, Afnor Editions, 392 p.
- Dallmann T., Bernard Y., Tietge U., Muncrief R., 2019, *Remote sensing of motor vehicle emissions in Paris*, The real urban emissions initiative, p. 44.
- Diaz Olvera L., Plat D., Pochet P., Sahabana M., 2009, La double vie de la moto au Sud du Sahara, in G. Fumey, J. Varlet, and P. Zembri (eds) *Mobilités contemporaines. Approches géoculturelles des transports*. Ellipses, pp. 117–126.
- Diaz Olvera L., Plat D., Pochet P., Sahabana M., 2010, Entre contraintes et innovation : évolutions de la mobilité quotidienne dans les villes d'Afrique subsaharienne, *Espace populations sociétés. Space populations societies*, (2–3), pp. 337–348.
- Diaz Olvera L., Guézéré A., Plat D., Pochet P., 2013, The motorbike taxis in Lomé: Who earns what?, in. *13th World Conference on Transport Research (WCTR)*, Rio de Janeiro.
- Diaz Olvera L., Guézéré A., Plat D., Pochet P., 2016, Earning a living, but at what price? Being a motorcycle taxi driver in a Sub-Saharan African city, *Journal of Transport Geography*, 55, pp. 165–174.
- Diaz Olvera L., Plat D., Pochet, P., 2007, Mobilité quotidienne en temps de crise, *Belgeo. Revue belge de géographie*, (2), pp. 173–188.
- Diaz Olvera L., Plat D., Pochet P., 2020a, Looking for the obvious: Motorcycle taxi services in Sub-Saharan African cities, *Journal of Transport Geography*, 88, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102476>.
- Donko K., Doevenspeck M., Beisel U., 2021, Migration Control, the Local Economy and Violence in the Burkina Faso and Niger Borderland, *Journal of Borderlands Studies*, 0(0), pp. 1–17.
- Doucette R.T., McCulloch M.D., 2011, Modeling the CO2 emissions from battery electric vehicles given the power generation mixes of different countries, *Energy Policy*, 39(2), pp. 803–811.
- Eccarius T., Lu C.-C., 2020, Powered two-wheelers for sustainable mobility: A review of consumer adoption of electric motorcycles, *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(3), pp. 215–231.
- Egbue, O., Long S., 2012, Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions', *Energy Policy*, 48, pp. 717–729.
- El-Dorghamy A., Attia M., 2021, *Low-Emission Zones (LEZs) and Prerequisites for Sustainable Cities and Clean Air in Egypt*, Berlin, Friedrich-Ebert-Stiftung, p. 50.
- El-Geneidy A., Diab E, Jacques C., Mathez A., 2014, *Sustainable Urban Mobility in the Middle East and North Africa, Thematic study prepared for Global Report on Human Settlements*, Nairobi, p. 54.
- Ensslen A., Gnann T., Jochem P., Plötz P., Dütschke E., Fichtner W., 2020, Can product service systems support electric vehicle adoption?, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137, pp. 343–359.
- Fabbri J., 2017, Fabriquer et concevoir l'innovation : des outils à portée de main, in Gay C., Szostak B. L., (dir.), *Management de l'innovation*, Dunod, Paris, 288 p (pp. 125–169).
- Feudjio Y.B.D., 2014, Young bendskinners in Cameroon: between survival strategies and State violence, *Autrepart*, 71(3), pp. 97–117.
- Galuszka J., Martin E., Nkurunziza A., Achieng' Oginga J., Senyagwa J., 2021, East Africa's Policy and Stakeholder Integration of Informal Operators in Electric Mobility Transitions—Kigali, Nairobi, Kisumu and Dar es Salaam', *Sustainability*, 13(4), doi.org/10.3390/su13041703.
- Godard X., 2002, *Les transports et la ville en Afrique au sud du Sahara: le temps de la débrouille et du désordre inventif*, KARTHALA Editions.
- Gok Yang R., 2020, *Effect of Microfinance Institutions on Performance of Entrepreneurship in Kenya: A Case of Bodaboda Business in Nairobi County*. Thesis. United States International University- Africa. Available at: <http://erepo.usiu.ac.ke:8080/xmlui/handle/11732/5945> (Accessed: 3 December 2022).
- Guerra E., 2019, Electric vehicles, air pollution, and the motorcycle city: A stated preference survey of consumers willingness to adopt electric motorcycles in Solo, Indonesia, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 68, pp. 52–64.

Guézéré A., 2013, Deux roues motorisées et étalement urbain à Lomé, quel lien avec la théorie des « trois âges » de la ville ?, *Norois. Environnement, aménagement, société*, (226), pp. 41–62.

Guézéré A., 2017, De l'occupation désorganisée du territoire urbain paer les conducteurs des motos-taxis à Lomé. La fabrique d'un espace public', *Urbia*, (20), pp. 101–115.

Guézéré A., 2021, *Les taxis-motos dans les villes d'Afrique subsaharienne - L'informel en question à Lomé*, L'Harmattan, 374 p.

Haase R.P., Pigosso D.C.A., McAloone T.C., 2017, Product/Service-System Origins and Trajectories: A Systematic Literature Review of PSS Definitions and their Characteristics', *Procedia CIRP*, 64, pp. 157–162.

Hernandez M., Kockelman K. M., Lentz J., Lee J., 2019, Emissions and noise mitigation through use of electric motorcycles', *Transportation Safety and Environment*, 1(2), pp. 164–175.

Kerdlap P., Gheewala S.H., 2016, Electric Motorcycles in Thailand: A Life Cycle Perspective, *Journal of Industrial Ecology*, 20(6), pp. 1399–1411.

Kigozi J., 2022, Climate Resilient Urban Mobility by Non-motorized Transport', in Akhnouk A., Kaloush K., Elabyad M., Halleman B., (eds) *Advances in Road Infrastructure and Mobility*. Cham: Springer International Publishing (sur les infrastructures civiles durables), pp. 1225–1236.

Kochenkova A., Grimaldi R., Munari F., 2016, Public policy measures in support of knowledge transfer activities: a review of academic literature, *The Journal of Technology Transfer*, 41(3), pp. 407–429.

Koossalapeerom T., Satiennam T., Satiennam W., Leelapatra W., Seedam A., Rakpukdee T., 2019, Comparative study of real-world driving cycles, energy consumption, and CO2 emissions of electric and gasoline motorcycles driving in a congested urban corridor, *Sustainable Cities and Society*, 45, pp. 619–627.

Kuhudzai R.J., 2020, *Uganda-Based Bodawerk's Electric Tractors, Motorcycle Conversion Kits, Threshing & Milling Machines Look Set To Transform Lives*, *CleanTechnica*. Available at: <https://cleantechnica.com/2020/07/19/uganda-based-bodawerks-electric-tractors-motorcycle-conversion-kits-threshing-milling-machines-look-set-to-transform-lives/> (Accessed: 3 December 2022).

Kumar A., 2011, *Comprendre l'importance croissante de la motocyclette dans les villes africaines. Une perspective d'économie politique*. Banque Mondiale, p. 34.

Kumar J., Kumar S., Nandakumar V. S., 2022, Standards for electric vehicle charging stations in India: A review, *Energy Storage*, 4. Available at: <https://doi.org/10.1002/est2.261>.

Kumar P., Chakrabarty S., 2020, Analyse du coût total de possession de l'impact de l'utilisation des véhicules sur la viabilité économique des véhicules électriques en Inde, *Transportation Research Record*, 2674(11), pp. 563–572.

Kumar R.R., Alok K., 2020a, Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability', *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119911>.

Künle E., Minke C., 2020, Macro-environmental comparative analysis of e-mobility adoption pathways in France, Germany and Norway', *Transport Policy* [Preprint]. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.08.019>.

Kurpiela S., Teuteberg F., 2022, Strategic planning of product-service systems: A systematic literature review, *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130528>.

Lance N., Zarazua de Rubensa G., Kestera J., Sovacool B. K., 2020, Understanding the socio-technical nexus of Nordic electric vehicle (EV) barriers: A qualitative discussion of range, price, charging and knowledge', *Energy Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111292>.

Liverpool-Tasie L.S.O., Reardon T., Belton B., 2021, "Essential non-essentials": COVID-19 policy missteps in Nigeria rooted in persistent myths about African food supply chains, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(1), pp. 205–224.

Majumdar D., Majumder A., Jash T., 2016, Performance of Low Speed Electric Two-wheelers in the Urban Traffic Conditions: A Case Study in Kolkata, *Energy Procedia*, 90, pp. 238–244.

Malukisa Nkuku A., 2019, La professionnalisation des petits opérateurs de transport à Kinshasa à l'épreuve des intérêts divergents des acteurs locaux, *Revue Africaniste Inter-Disciplinaire*, pp. 53–67.

Manga E., 2022, The gig economy in Kenya's informal transport sector: Manifestations, benefits, challenges, and prospects, in Ness E., (dir.), *The Routledge Handbook of the Gig Economy*, Routledge.

Marchais G., 2009, Règles publiques, règles privées : les taxis-motos au Bénin, *L'Economie politique*, 41(1), pp. 59–68.

Mfoulou Olugu J.P., 2018, Etalement urbain, comportement de mobilité et fonctionnement de l'offre de transport à Yaoundé', *African Development Review*, 30(3), pp. 304–315.

Moeletsi M.E., 2021, Future policy and technological advancement recommendations for enhanced adoption of electric vehicles in south africa: A survey and review, *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212535>.

Mohammadzadeh N., Zegordi S.H., Nikbakhsh E., 2021, Pricing and free periodic maintenance service decisions for an electric-and-fuel automotive supply chain using the total cost of ownership, *Applied Energy*, 288, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116471>.

Moon S., Lee D.-J., 2019, An optimal electric vehicle investment model for consumers using total cost of ownership: A real option approach', *Applied Energy*, 253, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113494>.

Nyachio G.M.M., 2015, *Socio-cultural and economic determinants of boda boda motorcycle transport safety in Kisumu County, Kenya*, Kenyatta University.

Okusami D., Sameria V., 2020, Legal and Commercial Implications of the Lagos State Motorbike Ban'. Available at: <https://www.templars-law.com/wp-content/uploads/2020/02/Templars-NEWSLETTER-Legal-and-Commercial-Implications-of-the-Lagos-State-Motorbike-Ban.pdf>.

Okusami D., Sameria V., no date, Legal and Commercial Implications of the Lagos State Motorbike Ban.

Osterwalder A., Pigneur Y., 2013, *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley&Sons, Inc., Hoboken. New York: Wiley&Sons.

Ouassa Kouaro M., 2014, Participation des conducteurs de taxi-moto à l'EIE de la pollution atmosphérique à Cotonou: entre leurre et leurs?', in. *Colloque international Bruxelles*, p. 7. Available at: https://www.siffee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/bruxelles/session-4/OUASSA_TEXTE.pdf.

Poku-Boansi M., Marsden G., 2018, Bus rapid transit systems as a governance reform project, *Journal of Transport Geography*, 70, pp. 193–202.

Prianjani D., Sutopo W., Hisjam M., Pujiyanto E., 2019, Sustainable supply chain planning for swap battery system: Case study electric motorcycle applications in Indonesia, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 495(1), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012081>.

Rajper S.Z., Albrecht J., 2020, Prospects of Electric Vehicles in the Developing Countries: A Literature Review', *Sustainability*, 12(5), <https://doi.org/10.3390/su12051906>.

Sabatier P.A., 1986, Top-Down and Bottom-Up Approaches to Implementation Research: a Critical Analysis and Suggested Synthesis, *Journal of Public Policy*, 6(1), pp. 21–48.

Salenson I., 2020, IV. L'Afrique de demain sera urbaine, *Reperes*, pp. 57–76.

Sankaran G., Venkatesan S., 2021, Standardization of electric vehicle battery pack geometry form factors for passenger car segments in India, *Journal of Power Sources*, 502, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230008>.

Schalekamp H., 2017, Lessons from building paratransit operators' capacity to be partners in Cape Town's public transport reform process, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 104, pp. 58–66.

Sioshansi F., Webb J., 2019, Transitioning from conventional to electric vehicles: The effect of cost and environmental drivers on peak oil demand, *Economic Analysis and Policy*, 61, pp. 7–15.

Soulopoulos N., no date, When Will Electric Vehicles be Cheaper than Conventional Vehicles?, p. 15.

Spooner D., Mwanika J. M., Natamba S., Manga E. O., 2020, Kampala Bus Rapid Transit : Understanding Kampala's Paratransit Market Structure, GLI et AFD, 113 p.

Subramanian R., Kagabo A. S., Baharane V., Guhirwa S., Sindayigaya C., 2020, Air pollution in Kigali, Rwanda: spatial and temporal variability, source contributions, and the impact of car-free Sundays, *Clean Air Journal*, 30(2), pp. 1–15.

Tastevin Y.P., 2015, Bajaj en Égypte ou la diffusion discrète de l'autorickshaw en Afrique, *Autrepart*, 76(4), pp. 127–146.

Uchehara K.E., 2018, The nigerian Boko Haram: from the inception of terrorism to the stagnation of an economy', *Journal of Institute of Economic Development and Social Researches*, 4(9), pp. 238–247.

Uzundu C., 2022, Non-motorised Transport and Traffic Safety in African Cities: An introduction, in Acheampong A. R., Lucas K., Poku-Boansi M., Uzundu C., *Transport and Mobility Futures in Urban Africa*, Springer, Springer Nature (The Urban Books Series), 401 p, (pp. 237–244).

Vanatta M., Rathod B., Calzavara J., Courtright T., Sims T., 2022, Emissions impacts of electrifying motorcycle taxis in Kampala, Uganda, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103193>.

Wahab L., Jiang H., 2019, Factors influencing the adoption of electric vehicle: the case of electric motorcycle in northern Ghana, *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*, pp. 22–37.

Walters J., 2008, Overview of public transport policy developments in South Africa, *Transportation Economics*, 22(1), pp. 98–108.

Wood A., 2015, Multiple Temporalities of Policy Circulation: Gradual, Repetitive and Delayed Processes of BRT Adoption in South African Cities, *International Journal of Urban and Regional Research*, 39(3), pp. 568–580.

Yiran G.A.B., Ablo A. D., Asem F. E., Owusu G., 2020, Urban Sprawl in sub-Saharan Africa: A review of the literature in selected countries, *Ghana Journal of Geography*, 12(1), pp. 1–28.
Zheng P., Chen C.-H., Wang Z., 2021, *Smart Product-Service Systems - 1st Edition*, Elsevier, 254 p.

EEP Africa et Nordic Development Fund (2020) 'Electric boda bodas'. Available at: https://eepafrica.org/wp-content/uploads/2020/09/IBM_Zembo_DigitalVersion.pdf.

Lagos State Government, 2018, *Vehicle inspection offences and penalties*. <http://tms.lagosstate.gov.ng/docs/TrafficLaw.pdf>.

The Government of Rwanda and UNDP Rwanda launch a retrofit electric Motorcycles project | United Nations Development Programme (no date) UNDP. Available at: <https://www.undp.org/rwanda/press-releases/government-rwanda-and-undp-rwanda-launch-retrofit-electric-motorcycles-project> (Accessed: 3 December 2022).

United Nations Environment Programme (2020) *Used vehicles and the environment. A global overview of Used Light Vehicles: Flow, Scale and Regulation*. Nairobi, p. 108.

Sitographie

<https://www.bbc.com/news/business-58820548>

<https://cleantechnica.com/2021/03/18/opibus-electric-motorcycles-designed-built-in-kenya-for-africa/>

<https://issuu.com/siemensstiftung/docs/e-mobility-in-rural-africa/s/10732861>