



HAL
open science

L'artisanat de la réparation solaire à Nairobi (Kenya) : sur les apories d'une politique électrique " soutenable "

Théo Baraille, Sylvvy Jaglin

► To cite this version:

Théo Baraille, Sylvvy Jaglin. L'artisanat de la réparation solaire à Nairobi (Kenya) : sur les apories d'une politique électrique " soutenable ". *Territoire en mouvement. Revue de Géographie et d'Aménagement*, 2022, 55, 10.4000/tem.9139 . halshs-03906285

HAL Id: halshs-03906285

<https://shs.hal.science/halshs-03906285>

Submitted on 19 Dec 2022

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Territoire en mouvement

Revue de géographie et aménagement

Territory in movement Journal of geography and planning

Articles

L'artisanat de la réparation solaire à Nairobi (Kenya) : sur les apories d'une politique électrique « soutenable »

Solar photovoltaic and the repair economy in Nairobi (Kenya): on the contradictions of a "sustainable" electricity policy

THÉO BARAILLE ET SYLVY JAGLIN

Résumés

Français English

Les solutions d'électrification solaire décentralisées portent l'espoir, au Kenya comme plus largement en Afrique subsaharienne, d'un développement local respectueux de l'environnement et créateur d'emplois. En s'intéressant aux activités de maintenance, de réparation et de recyclage des équipements solaires photovoltaïques, l'article confronte ces attentes aux effets de la politique solaire kenyane sur l'évolution d'un secteur généralement considéré comme pourvoyeur d'emplois locaux et dont la contribution environnementale à une économie circulaire sobre en ressources, propice au recyclage et au réemploi, est potentiellement importante. Il montre d'abord que la stratégie kenyane de développement d'un marché solaire dynamique a peu d'effets sur les activités de réparation : d'une part, les *fundis*, artisans d'une économie urbaine du dépannage et du recyclage préexistante sont contournés par les entreprises dominantes du secteur ; d'autre part, la réparation occupe une place marginale dans les modèles d'affaires de ces entreprises. Il souligne ensuite que les services et savoir-faire de la réparation sont progressivement rendu caducs par l'intégration croissante de composants micro-électroniques jetables dans les équipements solaires, et interroge les conséquences environnementales d'une industrie productrice de quantités croissantes de déchets dans un contexte où leur gestion reste problématique. Au regard de ces constats, il discute enfin les ambiguïtés d'une politique électrique présentée comme favorable à l'émergence d'une nouvelle économie verte relocalisée.



Decentralized solar electrification solutions hold out the hope, in Kenya as well as more broadly in sub-Saharan Africa, of local development respecting the environment and creating jobs. By focusing on the maintenance, repair and recycling of solar photovoltaic equipment, the article compares these expectations with the effects of Kenya's solar policy on the evolution of a sector that is generally considered to provide local employment and whose environmental contribution to a resource-efficient circular economy, conducive to recycling and reuse, is potentially important. First, it shows that the Kenyan strategy of developing a dynamic solar market has little effect on repair activities: on the one hand, the *fundis*, artisans of a pre-existing urban economy of repair and recycling, are bypassed by the sector's dominant companies; on the other hand, repair occupies a marginal place in the business models of these companies. It then underlines that repair services and know-how are progressively rendered obsolete by the increasing integration of disposable microelectronic components in solar equipment, and questions the environmental consequences of an industry producing increasing quantities of waste in a context where their management remains problematic. In light of these observations, it finally discusses the ambiguities of an electrical policy presented as favorable to the emergence of a new relocalized green economy.

Entrées d'index

Mots-clés : solaire, réparation, déchets, transition énergétique, Kenya

Keywords : solar, repair, waste, energy transition, Kenya

Texte intégral

- 1 Dans l'entrée du siège d'une entreprise, leader du marché des kits solaires domestiques au Kenya, est encadrée une photo de la visite des locaux par Barack Obama. Une TV accrochée à un autre mur diffuse un court-métrage retraçant une visite de techniciens à Machakos et en région Luhya. On peut y voir une boutique de produits de l'entreprise, des installations de kits solaires qui alimentent des équipements (télévisions, réfrigérateurs) ou de petites activités économiques. Un usager raconte comment il a pu augmenter ses revenus grâce aux produits proposés par l'entreprise et ainsi financer les études de ses enfants. Ces quelques exemples résument la *success story* du solaire photovoltaïque (PV) au Kenya : une technologie propre qui donne accès à l'électricité et soutient l'activité économique. Les solutions d'électrification solaire décentralisées portent en effet l'espoir, au Kenya comme plus largement en Afrique subsaharienne (IRENA, 2019), d'un développement local respectueux de l'environnement. Mais la confrontation de ce narratif à l'organisation de la filière solaire kenyane met en lumière des tensions entre des objectifs difficiles à concilier : prix abordables des équipements, soutien à l'emploi local et soutenabilité environnementale. L'article propose de les discuter en analysant les activités de maintenance et de réparation des équipements photovoltaïques, dont on fait l'hypothèse qu'elles sont un marqueur possible de politiques d'électrification socialement (par la consolidation de filières locales d'emplois) et environnementalement (par la réduction des déchets) responsables. A l'opposé, la place marginale de la réparation solaire dans la chaîne de valeur électrique kenyane conduit à interroger les objectifs centraux d'une industrie présentée par les organismes internationaux comme écologique (Lighting Global *et al.*, 2020 ; IRENA, 2019).
- 2 Que deviennent les équipements en panne ou hors d'usage ? Dans quelle mesure alimentent-ils l'économie locale de la réparation et du recyclage ? Comment et par qui sont gérées ces activités ? Dans quelle mesure la commercialisation d'équipements solaires photovoltaïques individuels auprès des ménages, notamment pauvres, respecte-t-elle les objectifs socio-environnementaux proclamés de la filière ? Conçue dans le cadre de la recherche Hybridelec,¹ dédiée aux formes émergentes de la transition énergétique dans les villes du Sud, une enquête de terrain qualitative – une trentaine d'entretiens semi-directifs auprès de techniciens indépendants ou salariés des principales entreprises du secteur solaire, de différentes institutions



régulant le secteur et d'artisans-réparateurs électroniciens informels – a été réalisée au Kenya en janvier et février 2020. Elle visait à identifier les acteurs et les lieux urbains de la réparation des équipements solaires, les chaînes de valeur et leurs dynamiques d'emploi, les pratiques de recyclage.

- 3 A l'encontre de nombreux travaux centrés sur les dimensions technico-économiques des énergies renouvelables, souvent emprunts d'un fort déterminisme technologique, la réflexion s'inscrit dans un corpus de sciences sociales qui analyse le rôle des facteurs politiques et socio-culturels dans la soutenabilité socio-environnementale des transitions énergétiques locales. L'article emprunte à la socio-économie et aux approches sociotechniques en contexte urbain africain pour analyser un volet trop négligé de la diffusion rapide de l'énergie solaire à usage domestique en Afrique subsaharienne, celui de la maintenance et de la réparation (Cross et Murray, 2018). En confrontant les résultats contrastés de sa mise en œuvre avec les attendus généraux de la filière solaire en termes d'emploi et d'environnement, il entend montrer l'intérêt de « provincialiser [...] les débats » (Arik *et al.*, 2019 : 108) et, plus généralement, de développer une approche critique et située de la transition énergétique.
- 4 Après une revue de la littérature sur la réparation solaire et une présentation de la politique d'électrification solaire kenyane, l'article analyse d'abord l'effet d'entraînement limité du marché des équipements solaires sur les emplois locaux de maintenance et de réparation en montrant qu'il résulte à la fois de la méfiance des entreprises dominantes du secteur envers les artisans locaux (informels) et de la place négligeable des services de dépannage dans le modèle d'affaires de ces entreprises. Il montre ensuite que l'intégration croissante de composants micro-électroniques jetables dans les équipements solaires augmente les nuisances environnementales d'une industrie productrice de quantités croissantes de déchets (notamment électroniques) dans un contexte où leur gestion est problématique. Dans la conclusion, il revient sur les ambiguïtés des politiques publiques kenyanes de soutien à l'électrification solaire, entre objectif de développement « durable » porté par une transition énergétique bas carbone et stratégie d'équipement individuel des ménages pauvres dominée par un philanthro-capitalisme (Bishop et Green, 2008).

1. La réparation solaire : un impensé de la transition énergétique kenyane ?

- 5 Le dossier de la revue *Afrique Contemporaine* sur l'énergie en Afrique insiste sur l'abandon des politiques keynésiennes sur le continent, la course aux capitaux privés étrangers à laquelle se livrent les différents pays et la vision prétendument apolitique de leur futur énergétique entretenue par les organisations internationales (Cantoni et Musso, 2017). L'exemple kenyan témoigne du rôle de ces dernières et de la manière dont elles ont pesé, par des financements dédiés, sur le développement d'un marché électrique bas carbone. C'est une des illustrations de la dynamique d'accumulation capitaliste dans le secteur électrique analysée par D. McDonald (2012), qui évoque une « nouvelle ruée vers l'Afrique ». Bien que la littérature mentionne plutôt, dans ce domaine, les grands projets de centrales et d'infrastructures en réseau, le secteur de l'électrification individuelle constitue aussi un domaine attractif pour les investisseurs et il suscite de nombreuses questions relatives à la qualité des équipements proposés, notamment celle des kits solaires domestiques destinés aux populations à faible revenu, et aux inégalités qu'il entraîne (Cross, 2018 ; Francius *et al.*, 2017). Dans ce contexte, l'article s'intéresse aux activités de maintenance, de réparation et de récupération des équipements solaires photovoltaïques (y compris leurs composants électroniques) et examine leur contribution à la soutenabilité de la transition électrique kenyane en termes socio-économiques (création d'emplois,



développement de chaînes de valeur locales, continuité des filières d'approvisionnement en pièces détachées) et environnementaux (gestion des déchets).

1.1. Une approche de sciences sociales pour étudier les technologies solaires et leur écosystème local urbain

6 Le Kenya a fait le choix d'une politique d'électrification en partie fondée sur l'équipement solaire photovoltaïque des ménages pauvres et/ou éloignés du réseau national. Pour de nombreux auteurs, et en dépit d'une littérature lacunaire sur l'Afrique subsaharienne (Cantore *et al.*, 2017 ; Shirley *et al.*, 2019), les bénéfices du solaire PV vont au-delà de la seule fourniture d'électricité. Les technologies solaires seraient ainsi très productrices d'emplois, dont la moitié dans les activités d'opération et de maintenance (Ram *et al.*, 2020 ; IRENA, 2019 ; Meyer et Sommer, 2016 ; Van der Zwaan *et al.*, 2013). De nombreuses études ont aussi montré les effets économiques et sanitaires positifs des équipements pico-solaires² pour les ménages (réduction des achats de combustibles, revenus additionnels liés au travail nocturne, réduction d'exposition aux fumées toxiques... : Jacquemot et Reboulet, 2017). La contribution des énergies renouvelables à la transition post-carbone et, partant, à la préservation de l'environnement est enfin soulignée.

7 Ce dernier argument doit néanmoins être discuté. Comme le déploiement de l'économie numérique (Gabrys, 2013), celui du solaire photovoltaïque consomme des matériaux rares, produit de grandes quantités de déchets électroniques et, en l'état actuel des techniques de recyclage, engendre de nombreux « irrécupérables » (Guitard *et al.*, 2019). En Afrique, ces risques sont aggravés par une gestion générale des déchets très insuffisante et mal contrôlée (Jaglin *et al.*, 2018). Or, on sait qu'en l'absence de prise en charge des déchets, notamment des batteries composées de produits toxiques, le déploiement de kits solaires peut avoir un impact environnemental local très négatif. Diverses études expliquent en outre que les produits pico-solaires, destinés à un marché de « bas de pyramide », sont souvent de mauvaise qualité. Conçus pour être le moins cher possible, ces produits se prêtent peu au dépannage et génèrent de nombreux déchets (Bensch *et al.*, 2017), problème auquel les pratiques centralisées de recyclage n'apportent pas toujours de solutions appropriées. Ainsi, au Kenya, la stratégie bute sur les coûts élevés d'une collecte de composants en panne ou cassés, de faible valeur unitaire et dispersés sur un vaste territoire (Cross et Murray, 2018). Suggérant de substituer la notion d'*afterlives* à celle de *end of life*, les auteurs montrent que de nombreux objets apparemment hors d'usage trouvent de nouvelles utilités à travers les activités artisanales de réparation et de recyclage qui constituent, selon eux, des solutions décentralisées plus soutenables pour la gestion des produits-déchets solaires. Autrement dit, s'il est indispensable d'anticiper la gestion des équipements et composants solaires en fin de vie (Magalini *et al.*, 2016), il paraît plus crucial encore, s'agissant de sociétés à faible capital technologique et financier, et exposées à une sobriété matérielle contrainte (Jaglin, 2019), de privilégier la réparabilité des équipements. Peu nombreuses, les études sur la réparation solaire soulignent néanmoins ses difficultés d'organisation, en raison des incertitudes entourant la responsabilité environnementale de chaque acteur de la chaîne de valeur et de sa faible - ou de sa non - rentabilité financière (Hirmer et Cruickshank, 2014).

8 La notion de réparabilité apparaît ici centrale et renvoie à de nombreux travaux qui s'intéressent à la vie des objets techniques (Appadurai, 1988 ; Bromberger et Chevallier, 1999 ; Wateau, 2011) et aux activités de réparation (Cross et Murray, 2018 ; Joulain *et al.*, 2016 ; Radjou *et al.*, 2013). A l'encontre d'une vision fantasmée



de sociétés pré-industrielles ou post-modernes sans déchets, F. Joulian, Y. P. Tastevin et J. Furniss insistent, dans une approche des restes et de la réparation croisant questions sociales, énergétiques et politiques, sur le rôle des travailleurs des déchets - « makers, hackers, antiquaires, bricoleurs et vendeurs-acheteurs d'objets d'occasion » (2016 : 23) -, de leurs organisations sociales, de leurs savoir-faire et bricolages en réponse, voire en résistance, à la surproduction et à l'obsolescence programmée. G. Bartholeyns, Y. P. Tastevin et A. Vallard (2019) soulignent pour leur part une condition essentielle de la réparabilité : le fait pour un objet technique d'être « composé », c'est-à-dire constitué de plusieurs composants et donc « ouvert », à la différence de nombreux produits « fermés » qu'il est – en théorie – impossible de réparer. E. Grimaud, Y. P. Tastevin et D. Vidal analysent aussi l'importance des activités de maintenance, « geste *low tech* par excellence » (2017 : 17), et de réparation dans la « créolisation » des technologies et leur adaptation aux usages et aux besoins locaux. A l'instar des proto-industries fondées sur l'économie des déchets (Lepawsky, 2018) et des filières artisanales d'appropriation de technologies voyageuses, si bien illustrées par l'étude de Tastevin sur l'autorickshaw (2012), ces travaux illustrent le rôle central de l'expertise technique d'artisans locaux, largement autodidactes, et du caractère « ouvert » des technologies dans le développement d'une économie locale du dépannage.

- 9 Poursuivant ces réflexions, notre recherche sur l'économie urbaine de la maintenance et de la réparation des produits solaires à Nairobi interroge ses relations aux questions d'emploi (développement d'un artisanat au plus près des bassins de consommation) et d'environnement (organisation de filières locales de collecte, réemploi et recyclage des composants cassés ou obsolètes). Dans ce qui est actuellement le plus grand marché national de produits solaires hors réseau en Afrique, l'analyse porte, d'une part, sur les emplois créés/détruits par la concurrence entre les grandes entreprises dominant le marché et l'artisanat informel local, et d'autre part, sur l'évolution des pratiques de réparation et de réemploi, en concurrence avec des logiques moins frugales de remplacement. En effet, bien que les énergies renouvelables permettent de produire l'électricité là où elle est consommée et sont, pour cette raison, associées à l'idée de relocalisation, les kits solaires domestiques, qui en sont le principal vecteur au Kenya et ailleurs en Afrique subsaharienne, évoquent d'abord un philanthro-capitalisme international (Bishop et Green, 2008) et une filière industrielle mondialisée (Cross, 2019). En examinant les activités de maintenance et de réparation à Nairobi, il s'agit donc d'interroger la place laissée aux acteurs locaux dans les chaînes de valeur, en fonction des technologies privilégiées, des filières de diffusion et des modes de gestion du cycle de vie des produits.

1.2. Accès à l'énergie et développement du marché solaire : un modèle kenyan

- 10 Le Kenya est un exemple souvent cité en Afrique pour l'accès à l'électricité. En 2018, la capacité installée du pays est d'environ 2800 MW, dont 2000 MW d'énergies renouvelables. Parmi ces dernières, l'hydroélectricité et la géothermie représentent respectivement 830 MW et 660 MW, contre 340 MW pour l'éolien et seulement 100 MW de solaire³. En termes d'électrification, les avancées sont considérables : en moyenne nationale, 75% de la population ont accès en 2018 (84% dans les villes et 72% dans les aires rurales) à un niveau de service équivalent ou supérieur au *Tier 1*, c'est-à-dire au minimum quatre heures d'éclairage par jour⁴ et la fiabilité du réseau s'améliore depuis 2015 (Taneja, 2017) : le nombre d'heures de coupures en moyenne par consommateur et par an est ainsi passé de 188,5 en 2016 à 60,1 heures en 2019, et le nombre moyen de coupures par consommateur et par an est passé de 52,5 en



2015 à 13,3 en 2019⁵.

11 Ces progrès sont le résultat de politiques ambitieuses. Dans son *Least Cost Development Plan 2011-2030*, le gouvernement kenyan prévoit le développement des énergies renouvelables, soutenu par des incitations fiscales notamment, pour accroître son indépendance énergétique et réduire la dépendance au pétrole (Republic of Kenya, 2011). Cet objectif est réaffirmé dans le *Energy Act* de 2019, qui met l'accent sur la promotion des compétences locales pour la fabrication, l'installation, la réparation et la maintenance des technologies renouvelables et affiche l'objectif d'une électricité abordable accessible à tous les Kenyans d'ici 2030. Une taxe de 5% sur toute l'électricité consommée dans le pays est également prévue, afin de financer le programme d'électrification rurale (Republic of Kenya, 2019). Pour atteindre l'accès universel à l'électricité, deux programmes sont portés par le ministère de l'Énergie et du Pétrole (MoEP) : le *Last Mile Connectivity Project*, mis en œuvre par la *Kenya Power and Lighting Company* (KPLC), étend le réseau national et connecte les ménages⁶ ; le KOSAP (*Kenya Off-grid Solar Access Project*), financé par la Banque Mondiale et mis en œuvre conjointement par KPLC et la *Rural Electrification Agency* (REA), vise l'électrification des régions non desservies par le réseau, hors du corridor central Mombasa-Nairobi-Lac Victoria où sont concentrées les infrastructures nationales⁷.

12 Sous l'impulsion des organisations internationales, l'administration kenyane a façonné un environnement facilitateur pour les acteurs de ce marché : le *Kenya Bureau of Standards* (KEBS) a créé des normes pour les produits solaires⁸ ; la *Energy and Petroleum Regulatory Authority* (EPRA) certifie les entreprises et les techniciens autorisés à effectuer des installations solaires ; le gouvernement soutient efficacement le marché par une politique fiscale avantageuse. Cadres réglementaires incitatifs, facilités données aux acteurs privés et forte pénétration de la monnaie-mobile ont ainsi favorisé l'entrée des investisseurs (Lighting Global *et al.*, 2020). Porté dès les années 1970 par une demande institutionnelle (écoles, centres de santé, ONG...), le marché solaire s'est ensuite développé avec l'essor de la demande domestique dans les années 1990, d'abord pour satisfaire des usages liés aux médias (radio et télévision) puis pour répondre aux besoins d'éclairage et de recharge téléphonique. Au début des années 2010, les kits solaires domestiques représentaient près de 75% du marché solaire et une capacité installée de plus de 10 MW crête (Ondraczek, 2013). Avec 32 millions d'utilisateurs potentiels (George *et al.*, 2019), ce marché reste très attractif : il est en 2018 l'un des plus développés dans le monde avec 5,6 millions de produits solaires hors-réseau et 31% des ventes de PAYGO⁹ (Lighting Global *et al.*, 2020). Il est dominé par un petit nombre d'entreprises : les dix plus importantes ont réalisé près de 80% des investissements au niveau mondial entre 2012 et 2019 (*idem*) et, parmi elles, sept sont actives au Kenya (voir tableau 1).

Tableau 1 : Les principales entreprises du segment de l'électrification au Kenya

Nom de l'entreprise	Année de fondation	Siège social
d.Light	2007	San Francisco (Etats-Unis)
M-KOPA	2011	Nairobi (Kenya)
BBOXX	2010	Londres (Royaume-Uni)
Mobisol	2010	Paris (France) Propriété d'ENGIE depuis 2019
Greenlight Planet/Sun King	2008	Chicago (Etats-Unis)
Azuri Technologies	2012	Cambridge (Royaume-Uni)



SolarNow	2011	Nijmegen (Pays-Bas)
----------	------	---------------------

Sources : d.Light; M-KOPA; BBOX; Mobisol; Greenlight Planet; Azuri Technologies; SolarNow.

- 13 Le marché solaire kenyan n'est toutefois pas réductible aux kits solaires domestiques en PAYGO, à destination de nouveaux consommateurs principalement ruraux (15 à 20% des ménages en seraient équipés : Jacquemot et Reboulet, 2017). Un deuxième segment du marché solaire s'adresse à une clientèle déjà électrifiée, combinant les solutions énergétiques pour sécuriser son approvisionnement et optimiser ses dépenses (Rateau et Jaglin, 2022). Elle est constituée de ménages urbains aisés mais aussi d'établissements industriels ou commerciaux (usines, centres commerciaux, stations-service, hôtels) équipant leurs toitures de panneaux photovoltaïques et, depuis l'adoption d'un cadre réglementaire et fiscal favorable en 2012, de chauffe-eau solaires (Ondraczek, 2013).

2. La réparation solaire : une activité centralisée, étroitement contrôlée par les grands acteurs d'une industrie mondialisée

- 14 Qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre segment de clientèle, la majeure partie des technologies est importée. Les produits de bonne qualité proviennent d'entreprises européennes ou étasuniennes (panneaux solaires britanniques ou étasuniens, onduleurs¹⁰ néerlandais ou allemands...), même si leur production est souvent délocalisée en Chine. Ils sont vendus à des clients déjà électrifiés, à la capacité financière solide, donc moins sensibles au seul prix et plus aux normes de qualité et de durée de vie des équipements. Les produits de moyenne et de basse qualité, plus abordables, sont produits par des entreprises asiatiques, notamment chinoises, indiennes et taiwanaises. Ils sont utilisés soit par les entreprises du segment déjà électrifié pour élargir leur gamme de prix et s'adapter aux différents critères de leurs clients ; soit par les entreprises du segment de l'électrification, qui opèrent dans un marché du bas de la pyramide (BoP). Par exemple, un onduleur d'une puissance de 2000 W d'une marque indienne d'entrée de gamme coûte environ 40 000 KES, contre 90 000 KES et 150 000 KES¹¹ pour des équipements de même puissance respectivement de milieu et haut de gamme¹². La production kenyane de composants des installations solaires est limitée. Seule l'entreprise Chloride Exide produit localement des batteries au plomb, tandis que l'usine Solinc fabrique à Naivasha, à l'ouest de la capitale, des panneaux solaires de faible capacité – de 15 W à 320 W – utilisés par les entreprises vendant des kits solaires, notamment M-KOPA. Ainsi, à quelques exceptions près, les entreprises du marché solaire kenyan dépendent de fabricants étrangers pour assurer leur approvisionnement en équipements et en pièces détachées.

2.1. Réparer : des pratiques et des savoir-faire hétérogènes

- 15 Les principales demandes de réparation portent sur l'onduleur ou sur le boîtier de contrôle des kits solaires domestiques. Les pannes des onduleurs peuvent être liées à une surchauffe, causée par la poussière, des animaux ou des insectes, qui endommage les circuits. Elles peuvent aussi résulter d'une mauvaise installation, notamment lorsque les équipements ne correspondent pas à la puissance installée. La



durée de vie des batteries, qui ne sont pas réparables, dépend quant à elle de la décharge : elle est réduite en cas de décharge complète. Enfin, les panneaux solaires ont une durée de vie théorique d'environ 25 ans mais ils peuvent être brisés, par des projections de pierre par exemple¹³, et ils ne sont pas réparables.

16 Pour l'essentiel, ces activités de réparation sont effectuées dans des ateliers situés à Nairobi. Même à Mombasa, la deuxième ville du pays, il est difficile de trouver un technicien spécialiste du solaire PV. Des questions de logistique, notamment pour la gestion des stocks de pièces détachées, et de rentabilité, qui nécessite des volumes d'activité suffisants, expliquent cette centralisation selon les acteurs rencontrés¹⁴.

Figure 1 : Chaîne de valeur des produits solaires neufs

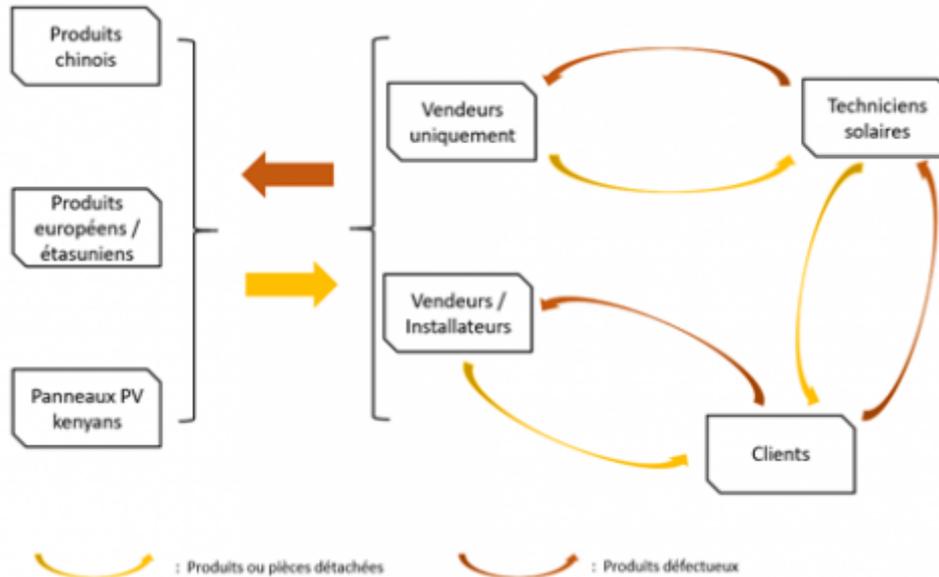


Figure 2 : Atelier de réparation d'une des plus importantes entreprises solaires à Nairobi (Baraillé, 2020)



17 Deux catégories d'acteurs, bien distinctes, sont identifiables dans les activités de réparation.

18 D'un côté, des entreprises et distributeurs agréés, étrangers et kenyans. Intervenant sur un marché formel, ces entreprises vendent et installent des matériels de marques spécialisées dans le solaire. Pour leur réparation, elles organisent une

chaîne logistique inversée, à partir de points de vente locaux chargés du retour des produits à l'atelier de Nairobi, lui-même en contact avec le fabricant pour la gestion des pièces détachées, des produits de remplacement et le retour des produits défectueux non réparables (voir figure 1). Sur le marché des kits solaires domestiques, les points de vente locaux proposent le plus souvent aux clients de remplacer les produits réparables qu'ils acheminent vers l'atelier central où ils sont éventuellement reconditionnés puis stockés comme produits de remplacement. Pour le segment déjà électrifié et les installations de plus grand taille, l'organisation de la réparation est relativement similaire mais elle est complétée par la fourniture systématique de produits temporaires de substitution. Les réparations minimales peuvent être effectuées sur site par des techniciens sous-traitants et les équipements sont retournés vers l'atelier de Nairobi en cas de problème persistant. Cette centralisation géographique et fonctionnelle s'accompagne d'une intégration marginale des activités de maintenance et dépannage au modèle économique dominant, ce dont témoigne la petite taille des ateliers de réparation, y compris dans les plus grandes entreprises du marché solaire kenyan (voir figure 2).

19 D'un autre côté, des artisans électriciens et électroniciens, appelés *fundis wa stima* au Kenya, acteurs d'une micro-industrie *jua kali*¹⁵ et d'activités de réparation *kiyenjeji*¹⁶. Cette économie urbaine informelle de la réparation préexistait à l'essor du marché solaire et concerne de nombreuses spécialités techniques (mécanique automobile et deux-roues motorisés, électroménager, machines-outils, climatiseurs...) que les artisans ajustent aux évolutions de la demande. Les activités sont assurées dans le cadre d'unités de production de (très) petite taille : non constituées en sociétés, non enregistrées et échappant aux cadres réglementaires, elles présentent un faible niveau d'organisation interne et une durée de vie souvent assez courte. A Nairobi, elles sont regroupées dans le quartier de la récupération de Ngara, véritable « mine électronique urbaine » (Reboux, 2018), dont l'organisation spatiale reflète la spécialisation des activités. Les dizaines de boutiques des *fundis* spécialisés dans la récupération, la réutilisation, le bricolage et la réparation des appareils électroniques et électroménagers sont ainsi concentrées autour du marché de *Nyayo Market*. Une division du travail organise les activités : certains vendent et ne réparent pas ; d'autres désassemblent les équipements et revendent pièces détachées et composants ; d'autres réparent et vendent les équipements ; quelques-uns enfin sont spécialisés dans la production d'équipements solaires, en particulier des onduleurs (voir figure 3). A l'instar de beaucoup d'artisans-réparateurs des pays en développement (Balls, 2016), les *fundis* font preuve d'innovation dans leurs bricolages et d'une « confiance technique » (King, 1996) dans leurs capacités à comprendre et façonner matériaux et machines. À Ngara, celle-ci s'exprime notamment dans la fabrication, par certains *fundis*, de leurs propres onduleurs *jua kali* à partir de composants récupérés sur des dispositifs d'occasion UPS (*Uninterruptible Power Supply*), utilisés pour protéger les ordinateurs des coupures de courant. Pour leurs installations solaires, les autres *fundis* de Ngara privilégient souvent ces onduleurs *jua kali* à ceux trouvés dans les commerces du centre-ville car, selon eux, ils sont de meilleure qualité et surchauffent moins. Les consommateurs kenyans ont aussi très souvent recours aux services d'un *fundi* local en se fiant à sa réputation et aux recommandations d'autres clients.

Figure 3 : Boutique d'un *fundi wa stima* du quartier de Ngara à Nairobi (Baraillé, 2020)



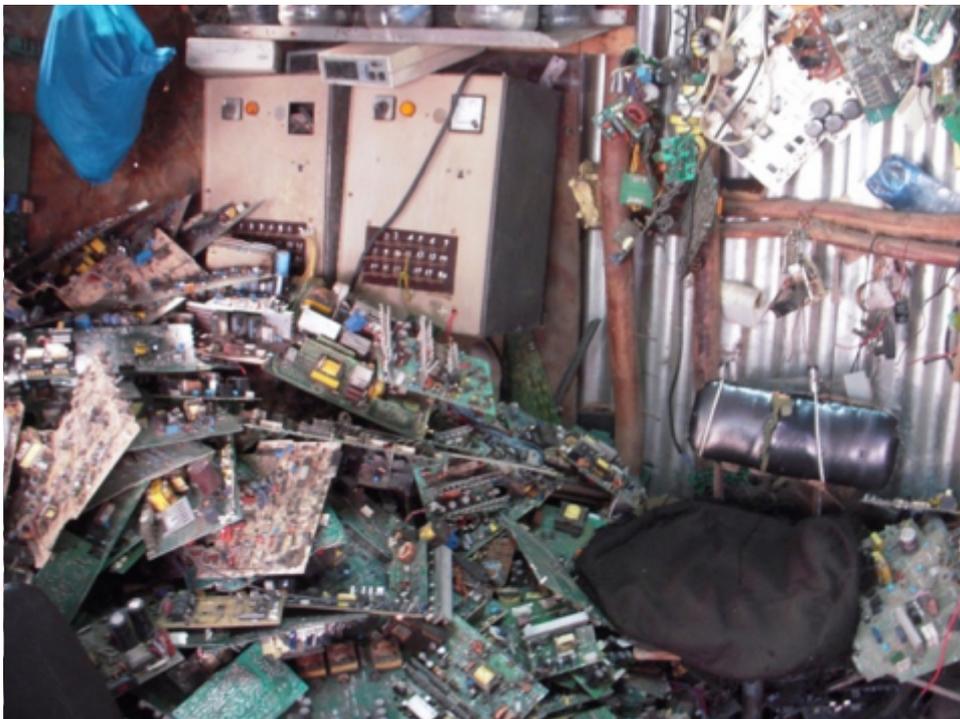
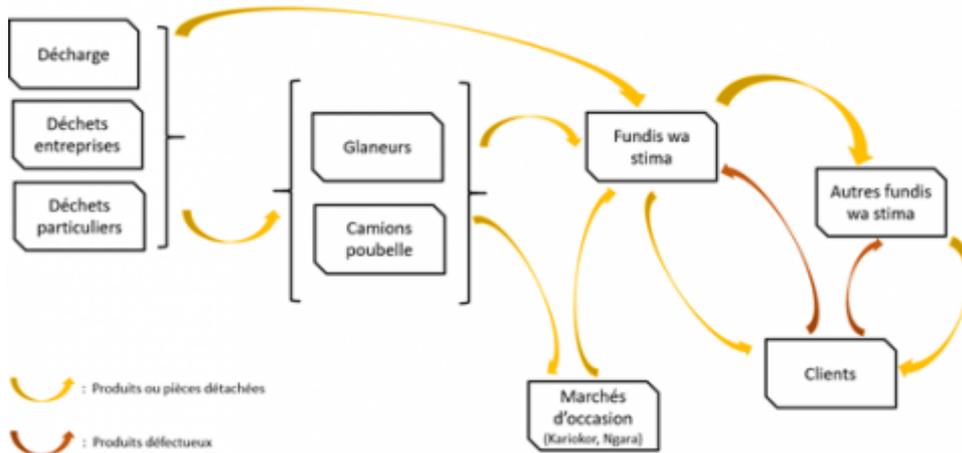


Figure 4 : Chaîne de valeur des produits d'occasion (Baraillé, 2020)



20 Les modes d'approvisionnement en équipements et en pièces détachées des *fundis* de Ngara sont extrêmement variés (voir figure 4). Ils peuvent se fournir en équipements neufs auprès des boutiques de produits électroniques du centre-ville ou de grandes entreprises du secteur, comme Chloride Exide pour les batteries, dont les produits sont sous garantie. Ils achètent leurs produits d'occasion et leurs pièces détachées au marché de *Kariokor* près de Ngara, ou auprès des autres *fundis* du quartier. Des camions chargés d'électroménager d'occasion ou des glaneurs portant sur leur dos des sacs remplis de composants électroniques sillonnent également le quartier de Ngara pour vendre leur marchandise aux *fundis*, qui peuvent enfin se rendre directement auprès des particuliers et des entreprises, ou dans les décharges, dans le cadre d'une économie circulaire informelle bien documentée dans les villes africaines (Jaglin *et al.*, 2018).

2.2. Un artisanat de la récupération et de la réparation en grande partie contourné par les chaînes logistiques du marché solaire



Ces deux principales filières de réparation ne sont pas étanches et entretiennent des relations d'approvisionnement et de sous-traitance. Toutefois, soucieuses de

contrôler leurs produits sur l'ensemble de leur cycle de vie, les entreprises du marché formel recourent peu volontiers aux services des artisans locaux et, de manière plus générale, préfèrent remplacer plutôt que réparer. Il en résulte une intégration très inégale, voire une marginalisation, des *fundis* dans la chaîne de valeur solaire.

22 Sur le volet de l'activité concernant l'installation des équipements, la sous-traitance domine. Pour le segment le plus profitable, les entreprises qui proposent à leurs clients industriels et commerciaux des contrats d'installation et de maintenance sous-traitent généralement le montage à des techniciens sous licence EPRA, le régulateur du secteur de l'énergie au Kenya, qui peuvent eux-mêmes recourir à des *fundis* locaux. Sur le marché BoP, les entreprises comme M-KOPA, qui opèrent dans des régions où les techniciens sous licence EPRA sont rares et dont l'installation des kits solaires ne nécessite pas beaucoup de compétences techniques, confient souvent l'installation directement aux *fundis*, considérés comme des relais intéressants pour assurer une meilleure couverture du territoire.

23 Sur le second volet, celui de la réparation, en particulier des kits solaires, les entreprises du secteur sont plus méfiantes et accordent peu de crédit aux compétences des *fundis*. De fait, ceux-ci ont en majorité effectué un apprentissage de l'électronique et du solaire « sur le tas ». Notons toutefois que les principales critiques proviennent des entreprises qui interviennent sur le marché de l'électrification (majoritairement rurale) avec paiement mobile à l'usage. Pour protéger le système de paiement en PAYGO et les technologies brevetées utilisées, leurs équipements solaires sont en effet conçus pour n'être ouverts que par le fabricant ou le distributeur autorisé, et n'être réparables qu'avec les pièces détachées du fabricant. Par exemple, les pas de vis utilisés sont propres à l'entreprise et les circuits électroniques sont recouverts d'une couche de peinture afin d'empêcher l'identification des différents composants par leur référence¹⁷. En pratique, les réparations sont ainsi rendues quasiment impossibles sur les kits solaires domestiques hors du circuit de retour des produits organisé par les entreprises elles-mêmes, même pour des artisans-réparateurs expérimentés, en contradiction avec les recommandations sur la manière de rendre le déploiement du pico-PV plus durable tout au long de la chaîne de valeur (Hirmer et Cruickshank, 2014).

24 Ajoutons que, sur ce marché solaire très compétitif et dans lequel les technologies évoluent rapidement, les entreprises et distributeurs agréés identifient souvent deux types de concurrence : l'une, sur le marché des produits de marque soumis à divers contrôles, est jugée « loyale » ; l'autre, entretenue par l'arrivée massive de produits chinois génériques de faible qualité, est jugée « déloyale » et préjudiciable à la confiance des citoyens envers les technologies solaires.¹⁸ Les premiers tentent donc de protéger leurs installations et de contrôler les éventuelles réparations sur leurs matériels, afin de préserver leur marque et leur technologie. Les produits sous garantie sont ainsi scellés et ne doivent pas être ouverts. Typiquement, la garantie offerte est d'un ou deux ans et couvre un défaut de produit, mais pas les problèmes d'installation ou d'utilisation, et son montant est intégré au prix de vente du produit par le fabricant. Or, ce modèle de garantie-produit correspond mal aux contextes et pratiques de consommation en Afrique subsaharienne et, bien qu'elle soit intégrée dans le prix de vente, la garantie fonctionne peu dans la pratique, voire pas du tout (Davies, 2018). En effet, les clients disposent rarement d'une preuve de la date d'achat, les revendeurs n'ont pas toujours les pièces de rechange, les distances à parcourir jusqu'au vendeur découragent les consommateurs de faire valoir leurs droits, ou bien encore, le problème provient de conditions d'utilisation du produit qui ne sont pas couvertes par la garantie. Peu protectrice pour les acquéreurs de kits solaires, la garantie-produit n'est pas favorable à une logique économe de maintenance et réparation des équipements.



2.3. Des emplois dans la vente plutôt que la réparation

- 25 La majeure partie des emplois dans le solaire a été créée dans les activités de vente et de distribution des équipements. L'enquête *Powering Jobs Census* a évalué que, pour la période 2017-2018 au Kenya, le secteur des énergies renouvelables et décentralisées représente près de 25 000 emplois directs, 10 000 formels – effectif proche des 11 000 emplois de l'opérateur national Kenya Power – et 15 000 informels. La vente et la distribution représentent près de 40% de ces emplois directs, formels et informels, l'opération et la maintenance seulement 5%, comme la fabrication et l'assemblage (Power for All, 2019). Le reste des emplois directs est réparti entre le service après-vente (15%), le développement de projets et l'installation (10%), la recherche-développement (2,5%), le management et l'administratif (22,5%).
- 26 Mentionnons d'emblée que la plupart des boutiques d'électronique du centre-ville de Nairobi se soucient peu des produits qu'elles vendent et connaissent peu le solaire. Elles ne s'occupent ni de maintenance ni de dépannage et effectuent rarement elles-mêmes les installations, pour lesquelles elles renvoient leurs clients aux *fundis*. Dans le meilleur des cas, elles offrent une garantie et sont en contact avec le fabricant ou un distributeur officiel pour remplacer les produits défectueux sous garantie.
- 27 Pour les entreprises dominant le marché solaire kenyan, en particulier sur le segment d'électrification, la vente est aussi au cœur d'un modèle d'affaires centré sur le déploiement de nouveaux kits. Leur objectif principal est d'augmenter le nombre de clients à qui proposer ensuite une montée en gamme du kit pour ajouter, par exemple, une télévision ou un réfrigérateur. La réparation, au contraire, peine à trouver son modèle économique. Du fait de la distribution des produits sur de vastes territoires peu densément peuplés, de la faible qualité et du faible coût de production des composants utilisés, elle paraît peu ou pas rentable¹⁹.
- 28 Ces logiques économiques sont conformes aux attentes des premiers apporteurs de capital (fonds de capital-risque et fonds d'investissement à impact environnemental), qui investissent dans des entreprises opérant sur des marchés naissants, souvent perçus comme risqués. Par exemple, l'entreprise M-KOPA s'est d'abord développée grâce aux investissements de la *Shell Foundation* et du *African Enterprise Challenge Fund* lors d'une phase d'essai, avant que le fonds d'investissement à impact *Grey Ghost Ventures* ne prenne des parts dans l'entreprise (Rolffs *et al.*, 2014). Le modèle de déploiement des kits solaires en PAYGO est en effet fondé sur un investissement initial important et des revenus issus du remboursement des kits étalés sur deux à trois ans. Cette stratégie oblige les entreprises à recourir à des apporteurs de capital pour les investissements initiaux et rend ce modèle particulièrement intense en capital. L'objectif est donc ensuite d'augmenter le nombre d'équipements « placés » afin d'élargir au maximum l'assiette des revenus et d'en sécuriser les flux en répartissant le risque de non-paiement (Lighting Global *et al.*, 2020). Ce modèle confère au réseau des points de vente locaux un rôle de premier plan : leurs agents doivent avant tout placer des produits sans perdre de temps avec les réparations, même lorsqu'un problème a été identifié. Les produits défectueux sont éventuellement acheminés vers Nairobi où une équipe, qui n'est pas en charge de la vente, pourra tenter de les réparer²⁰.

3. La réparation fragilisée par la révolution des micro-électroniques et l'évolution vers le tout-jetable



29 Si le primat des objectifs de vente marginalise les préoccupations de long terme centrées sur l'économie des ressources et la durée de vie fonctionnelle des équipements, la tendance est aggravée par l'essor récent de la micro-électronique, qui favorise des logiques de remplacement plutôt que de dépannage, jusque dans les ateliers de Nairobi où elle produit des quantités importantes de déchets²¹. Tout l'artisanat de la réparation et de la récupération est en effet menacé par la révolution des micro-électroniques et par le design de produits conçus et fabriqués hors du Kenya.

3.1. Remplacer plutôt que réparer

30 Les *fundis* de Ngara distinguent les produits dits *original*, produits anciens de marques européennes ou japonaises, des produits dits *chinese*, plus récents et de moins bonne qualité. Si les vendeurs privilégient les produits *chinese* pour leur faible coût, les artisans-réparateurs préfèrent les premiers, qui sont plus facilement réparables et contiennent plus de matériaux précieux valorisables sur le marché du recyclage, par exemple l'or des cartes mères²². La micro-électronique permet de réduire les coûts de production des cartes électroniques et d'en augmenter l'efficacité énergétique mais ces nouveaux produits sont peu réparables et fabriqués à un coût tellement faible qu'il est plus rentable de les remplacer : on assiste ainsi à une évolution « de l'atelier vers la décharge »²³ ou, dans le meilleur des cas, vers le centre de tri.

31 Les équipements solaires n'échappent pas à une logique de production à bas coût qui concerne l'ensemble des produits électroniques et incite à leur remplacement systématique plutôt qu'à leur réparation. Cette logique se double d'une évolution rapide des technologies, qui accélère l'obsolescence des équipements : les pièces détachées disparaissent du marché et la demande pour des produits considérés comme « dépassés » diminue. Plutôt qu'une tentative de remise en état de marche, le dépannage consiste le plus souvent à remplacer l'équipement ou l'un de ses composants, typiquement, la carte électronique de contrôle d'un onduleur. Ce phénomène est en outre amplifié par l'arrivée de produits chinois peu chers qui concurrencent directement les produits d'occasion réparés et vendus par les artisans locaux.

32 Outre qu'elle engendre d'importantes quantités de déchets, cette évolution des pratiques repose sur un approvisionnement à longue distance de pièces détachées en provenance de l'étranger : quelques semaines par bateau, quelques jours en avion. Les fabricants fournissent souvent des pièces détachées ou des produits de remplacement aux distributeurs au moment des commandes (autour de 3% des volumes commandés) pour couvrir le remplacement des produits sous garantie. Mais les entreprises au Kenya ont généralement des stocks limités du fait de l'évolution et de l'obsolescence rapides des technologies. Dans ces conditions, le volume des activités de réparation, notamment pour les kits solaires, est limité à Nairobi²⁴. Si, pour honorer la garantie des produits, les grandes entreprises entretiennent une petite équipe dédiée au dépannage, même en l'absence de rentabilité de l'activité, les artisans indépendants peinent à louer ou acheter un atelier dédié aux réparations dans un contexte où l'essor du tout-jetable limite les perspectives d'activité : “*Now, you see why I don't have a workshop*”.²⁵

33 La réparation *kienyeji*, effectuée à partir du travail de récupération et de réassemblage des *fundis* de Ngara, est ainsi progressivement écartée du marché. Soulignons que cette évolution de l'offre rencontre celle des pratiques de consommation des classes populaires africaines qui, pour acquérir de nouveaux biens matériels, sont contraintes de s'approvisionner sur les marchés du bas de pyramide en produits bon marché « jetables » (Jaglin, 2019). Parties prenantes d'un « nouvel extractivisme », les énergies « vertes » contribuent aussi au problème émergent des



déchets solaires (Cross, 2019).

3.2. Le marché solaire et ses déchets : une chaîne de responsabilité diffuse

- 34 Connu des différents acteurs, le problème environnemental des déchets du marché solaire (Bensch *et al.*, 2017) n'est pas encore pleinement pris en compte. Pour les entreprises du segment déjà électrifié, les installations sont en général de moyenne ou grande taille, avec des produits de bonne qualité à la durée de vie relativement longue (environ 25 ans pour les panneaux solaires et 10 ans pour les batteries). La gestion des déchets est donc, pour ces entreprises, encore largement un problème à venir. En revanche, pour les acteurs de l'électrification par kits solaires, dont la durée de vie est plus limitée, c'est une urgence d'autant plus pressante que beaucoup se présentent comme des entreprises environnementales : "A lot of the solar business is classified as social enterprises, and seen as doing the right thing environmentally, replacing kerosene and its effect on people's health and the environment. We are clean energy companies and we want to promote the right thing for our customer and for the environment which we operate in. So, the fact that we are selling products that have batteries and stuff like that means that we also want to manage that responsibly towards end-of-life."²⁶. Or, dispersés dans de vastes espaces ruraux dépourvus d'installations de récupération adaptées, les batteries et autres matériels en fin de vie sont une source majeure de pollution (Bensch *et al.*, 2017 ; Lighting Global *et al.*, 2020 ; Ondrazcek, 2013). Face à ce constat, plusieurs solutions sont expérimentées.
- 35 Certaines concernent la collecte des produits. Des entreprises développent ainsi des projets pilotes pour inciter les utilisateurs à retourner leurs kits solaires domestiques non-fonctionnels en leur offrant un bon de réduction sur l'achat d'un nouvel équipement, par exemple. Toutefois, cette démarche se heurte à plusieurs problèmes. D'abord, seule une infime partie des kits solaires est en réalité collectée puis recyclée, puisque les produits hors garantie en sont exclus. Ensuite, le coût d'une collecte et d'un traitement systématiques devrait être intégré dans le prix des kits solaires domestiques sur un marché du bas de la pyramide extrêmement sensible au prix.
- 36 D'autres concernent le traitement des produits en fin de vie. Des entreprises organisent ce traitement dans le cadre de la garantie des produits en traitant les produits retournés, quand d'autres recyclent leurs stocks de déchets par « effet d'aubaine ». C'est notamment le cas dans le cadre d'un programme, porté par le bureau de conseil en durabilité Sofies et le CDC Group, branche finance de UK Aid, qui subventionne le traitement des déchets solaires et différentes modalités d'incitation au retour des produits défectueux. Plusieurs entreprises ont alors littéralement « liquidé » des stocks de déchets²⁷. Mentionnons ici le cas des entreprises commercialisant des kits solaires domestiques confrontées à l'évolution rapide de leurs produits et à des marchés sensibles aux effets de réputation : pour gagner ou conserver la confiance de leurs clients, elles refusent que leur marque soit associée à un produit d'occasion, qui pourrait être défectueux ou trafiqué, et pour protéger leurs technologies, elles retirent rapidement du marché les produits neufs considérés comme obsolètes. Plutôt que d'être réparés ou reconditionnés, tous ces produits sont jetés et partiellement recyclés (voir figure 5), contribuant ainsi à la production de déchets.

Figure 5 : Stocks de produits obsolètes dans une usine de traitement des déchets électroniques à Nairobi (Baraillé, 2020)





- 37 De manière générale, seuls les déchets valorisables sont collectés et traités. Or, si des procédés sont en développement, il n'existe pas de solutions locales pour le recyclage des batteries au lithium, largement utilisées par les entreprises du secteur, et seule la vitre des panneaux solaires est à l'heure actuelle intégralement recyclée, le reste des panneaux étant enfoui. Dans ce contexte, une logique de recyclage plutôt que de réemploi des produits pose effectivement problème, comme le soulignent Cross et Murray (2018). Néanmoins, s'il existe au Kenya, comme dans d'autres pays africains, un important marché de la réutilisation, notamment pour les produits électroménagers, il n'est pas certain, en l'état des connaissances, que ce marché existe pour le solaire, où la récupération concerne principalement les onduleurs (réutilisation de la carte mère intégrée dans le boîtier de contrôle et réassemblages à partir d'autres équipements comme les *UPS*). Pour mettre sur le marché des équipements individuels à des prix abordables, les choix industriels de la filière solaire kenyane ne déstabilisent donc pas seulement l'économie locale de la maintenance et de la réparation, ils engendrent aussi, avec la généralisation des produits jetables, un problème environnemental que la gestion des déchets ne sait pas résoudre.

Conclusion : Les limites de la soutenabilité environnementale et sociale du marché solaire kenyan

- 38 Avec l'appui des organisations internationales, le Kenya a fait le choix du développement rapide d'un marché de l'électricité solaire, notamment via le déploiement de kits domestiques individuels. Cette stratégie est souvent présentée comme un succès (Byrne *et. al.*, 2018). De fait, elle est un exemple réussi de construction d'un marché de masse²⁸ ayant bénéficié d'un fort volontarisme public dans le cadre d'un soutien constant des bailleurs internationaux qui, en contrepartie de réformes sectorielles, ont facilité la mobilisation de capitaux dans le secteur énergétique (Newell et Phillips, 2016). Les bailleurs ont aussi joué un rôle crucial dans le montage de projets pilotes, l'organisation des tests de différents modèles commerciaux, la fourniture de garanties aux entreprises et investisseurs et, plus



globalement, la protection d'une niche à partir de laquelle développer l'innovation PAYGO (Rolffs *et al.*, 2014). Avant d'être le fruit d'héroïques entrepreneurs privés, le marché des kits solaires domestiques est issu d'une « économie politique de niche » (Byrne *et al.*, 2018). Cette stratégie de fourniture de biens publics essentiels organisée dans le cadre d'une discipline de marché et confiée à des acteurs privés fait l'objet d'un large consensus apparent entre les bailleurs de fonds, les entreprises et les élites étatiques kenyanes (*idem*). Elle soulève néanmoins aussi des questions, notamment au regard des objectifs affichés en termes sociaux et environnementaux.

39 A partir des activités de maintenance et de réparation, l'article s'est intéressé aux effets de cette politique électrique sur l'évolution d'un secteur généralement considéré comme pourvoyeur d'emplois locaux et dont la contribution environnementale à une économie circulaire sobre en ressources et propice à la réduction des flux de déchets ultimes par le recyclage et le réemploi, est potentiellement importante. Il a montré que, dans ses choix actuels, la stratégie kenyane de développement d'un marché solaire dynamique a peu d'effets sur les activités de réparation. D'abord, l'organisation oligopolistique de la réparation organisée par les entreprises dominantes du marché marginalise les *fundis* et l'économie urbaine artisanale du dépannage et du recyclage qui lui préexistait. Ensuite, la réparation occupe une place marginale dans les modèles d'affaires de ces entreprises, ce qui n'encourage ni l'innovation ni les efforts dans ce domaine. Enfin, les services et savoir-faire de la maintenance et de la réparation sont plus globalement menacés et progressivement rendu caducs par l'intégration croissante de composants micro-électroniques jetables dans les équipements solaires.

40 Ces constats reflètent les fortes asymétries de relations entre les acteurs de la filière solaire au Kenya, les dynamiques à l'œuvre dans l'industrie mondialisée du solaire et de la micro-électronique mais aussi des choix politiques nationaux. La vision néolibérale guidant le développement d'un marché de l'électricité solaire encourage des entreprises et distributeurs agréés dont la stratégie principale est la vente de nouveaux équipements. Sur le segment des kits solaires domestiques, la nécessité de prix abordables pour une clientèle du bas de la pyramide est en outre favorable aux produits asiatiques importés, plus attractifs que les produits fabriqués localement (Lam *et al.*, 2018), mais de faible qualité et peu réparables. Il n'est donc dans l'intérêt d'aucun de ces acteurs de marché de promouvoir la réutilisation des produits et la récupération des déchets : le modèle PAYGO leur permet de vendre du neuf et la qualité des équipements rend la réparation peu intéressante.

41 Au regard de ces résultats, la politique solaire kenyane semble très partiellement conforme aux objectifs socio-environnementaux dont elle se réclame : si elle contribue à une décarbonation de la filière, elle n'échappe pas aux dynamiques d'une « nouvelle » économie extractiviste mondialisée et elle engendre localement la production de quantités importantes et croissantes de déchets à l'origine d'un problème environnemental largement ignoré. Présenté comme issu d'un « philanthro-capitalisme » (Cross, 2019) participant à l'émergence d'une nouvelle économie verte relocalisée, le marché solaire kenyan, notamment celui des kits solaires domestiques, illustre la complexité de la transition énergétique en Afrique subsaharienne et met en lumière les objectifs peu réconciliables d'une politique d'électrification individuelle et commerciale.

Bibliographie

Appadurai, A. (Ed.). (1988). *The social life of things: Commodities in cultural perspective*. Cambridge University Press.

DOI : 10.1017/CBO9780511819582

Arik, E., Jaglin, S., & Verdeil, É. (2019). Transitions énergétiques à Istanbul et Le Cap. *Multitudes*, (4), 101-108.

DOI : 10.3917/mult.077.0101



- Balls, J. (2016). *Fluid capitalism at the bottom of the pyramid: a study of the off-grid solar power market in Uttar Pradesh, India*. Thèse de Doctorat. University of Oxford.
- Bartholeyns, G., Tastevin, Y. P., & Vallard, A. (2019). Dépanner le monde. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (72), 6-11.
DOI : 10.4000/tc.12254
- Bensch, G., Peters, J., & Sievert, M. (2017). The lighting transition in rural Africa—From kerosene to battery-powered LED and the emerging disposal problem. *Energy for Sustainable Development*, 39, 13-20.
- Bishop, M. & M. Green 2008. *Philanthrocapitalism: how giving can save the world*. New York: Bloomsbury.
- Bromberger, C. & Chevallier, D. (Dir.). (1999). *Carrières d'objets*. Paris : FMSH Éditions.
- Byrne, R., Mbeva, K., & Ockwell, D. (2018). A political economy of niche-building: Neoliberal-developmental encounters in photovoltaic electrification in Kenya. *Energy research & social science*, 44, 6-16.
- Cantoni, R., & Musso, M. (2017). L'énergie en Afrique : les faits et les chiffres. Introduction. *Afrique contemporaine*, (1), 9-23.
- Cantore, N., Nussbaumer, P., Wei, M., & Kammen, D. M. (2017). Promoting renewable energy and energy efficiency in Africa: a framework to evaluate employment generation and cost effectiveness. *Environmental Research Letters*, 12(3), 035008.
- Cross, J. (2018). Solar basics. *Limn# 9*. <https://limn.it/articles/solar-basics>.
- Cross, J. (2019). The solar good: energy ethics in poor markets. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 25(S1), 47-66.
- Cross, J., & Murray, D. (2018). The afterlives of solar power: Waste and repair off the grid in Kenya. *Energy research & social science*, 44, 100-109.
- Davies, G. (2018). Clean energy product markets in sub-Saharan Africa: complex market devices and power asymmetries. *Energy Research & Social Science*, 42, 80-89.
- Francius, R., Trompette, P., & Cholez, C. (2017). Lampes solaires, kit, batteries... Les nouveaux marchés de l'électrification rurale en Afrique. *L'Archicube*, 22, 65-72.
- Gabrys, J. (2013). *Digital rubbish: A natural history of electronics*. University of Michigan Press.
DOI : 10.2307/j.ctv65swcp
- George, A., Boxiong, S., Arowo, M., Ndolo, P., & Shimmon, J. (2019). Review of solar energy development in Kenya: Opportunities and challenges. *Renewable Energy Focus*, 29, 123-140.
- Grimaud, E., Tastevin, Y. P., & Vidal, D. (2017). Low tech, high tech, wild tech. Réinventer la technologie?. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (67), 12-29.
- Guitard, E., Krtolica, I., Monsaingeon, B., & Rossigneux-Méheust, M. (2019). Les irrécupérables. *Tracés: Revue de Sciences Humaines*. [En ligne], 37|2019, mis en ligne le 31 décembre 2019.
DOI : 10.4000/traces.9805
- Hirmer, S., & Cruickshank, H. (2014). Making the deployment of pico-PV more sustainable along the value chain. *Renewable and sustainable energy reviews*, 30, 401-411.
DOI : 10.1016/j.rser.2013.10.018
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). *Renewable Energy and Jobs*. Abu Dhabi, United Arab Emirates.
- Jacquemot, P., & Reboulet, M. N. (2017). Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique. *Afrique contemporaine*, (1), 155-184.
DOI : 10.3917/afco.261.0155
- Jaglin, S., Debout, L., & Salenson, I. (2018). *Du rebut à la ressource. Valorisation des déchets dans les villes du Sud*. France. Editions AFD.
- Jaglin, S. (2019). « #12 / Basses technologies et services urbains en Afrique subsaharienne : un low-tech loin de l'écologie », *Urbanités*, #12 / La ville (s)low tech, octobre 2019, en ligne.
- Joulian, F., Tastevin, Y. P., & Furniss, J. (2016). "Réparer le monde" : une introduction. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (65-66), 14-27.
- King, K. (1996). *Jua Kali Kenya: change & development in an informal economy, 1970-95*. Ohio State University Press.
- Lam, L. T., Branstetter, L., & Azevedo, I. L. (2018). A sunny future: expert elicitation of China's solar photovoltaic technologies. *Environmental Research Letters*, 13(3), 34-38.
- Lepawsky, J. (2018). *Reassembling rubbish: worlding electronic waste*. Cambridge, Mass.:



MIT Press.

DOI : 10.7551/mitpress/11111.001.0001

Lighting Global., GOGLA., & ESMAP. (2020). *Global Off-Grid Solar Market Trends Report 2020*. Washington, DC: Lighting Global, Mars 2020.

Magalini, F., Sinha-Khetriwal, D., Rochat, D., Huisman, J., Munyambu, S., Oliech, J., Nnorom, I.C., Mbera, O. (2016). Electronic waste (e-waste) impacts and mitigation options in the off-grid renewable energy sector. *Evidence on Demand*. UK, 62p.

DOI : 10.12774/eod_cr.august2016.Magalinfetal

Magalini, F., Sinha Khetriwal, D., & Munyambu, S. (2017). *Cost-Benefit Analysis and Capacity Assessment for the Management of Electronic Waste (E-Waste) in the Off-Grid Renewable Energy Sector in Kenya*.

McDonald, D. A. (Ed.). (2012). *Electric capitalism: Recolonising Africa on the power grid*. Routledge.

DOI : 10.4324/9781849771061

Meyer, I., & Sommer, M. W. (2016). Employment effects of renewable energy deployment-a review. *International Journal of Sustainable Development*, 19(3), 217-245.

DOI : 10.1504/IJSD.2016.078274

Newell, P., & Phillips, J. (2016). Neoliberal energy transitions in the South: Kenyan experiences. *Geoforum*, 74, 39-48.

Ondraczek, J. (2013). The sun rises in the east (of Africa): A comparison of the development and status of solar energy markets in Kenya and Tanzania. *Energy Policy*, 56, 407-417.

Power for All. (2019). *Powering Jobs Census 2019: The Energy Access Workforce*.

Radjou, N., Prabhu, J., & Ahuja, S. (2013). *L'Innovation jugaad: Redevenons ingénieux!*. Paris: Diatino

Ram, M., Aghahosseini, A., & Breyer, C. (2020). Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. *Technological Forecasting and Social Change*, 151, 119682.

Rateau, M., & Jaglin, S. (2022). Co-production of access and hybridisation of configurations: a socio-technical approach to urban electricity in Cotonou and Ibadan. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 14(1), 180-195.

Reboux, R. (2018). La valeur et l'usage dans une mine électronique de Nairobi. *Mambo !*, Volume XV, (4)

Republic of Kenya. (2011) *Least Cost Development Plan 2011-2030*.

Republic of Kenya. (2019). *The Energy Act 2019*.

Rolffs, P., Ockwell, D. G., & Byrne, R. (2014). *Financing Sustainable Energy for All. A Socio-Technical Analysis of the pro-Poor Potential of New, Pay as You Go Solar Finance Approaches in Kenya*. STEPS Working Paper 59. Brighton: STEPS Centre.

Shirley, R., Lee, C. J., Njoroge, H. N., Odera, S., Mwanzia, P. K., Malo, I., & Dipo-Salami, Y. (2019). Powering Jobs: The Employment Footprint of Decentralized Renewable Energy Technologies in Sub Saharan Africa. *Journal of Sustainability Research*, 2(1), e200001.

Taneja, J. (2017). Measuring electricity reliability in Kenya. *STIMA Lab, Department of Electrical and Computer Engineering*, 1-6.

Tastevin, Y. P. (2012). Autorickshaw (1948-2...). A success Story. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (58), 264-277.

Van der Zwaan, B., Cameron, L., & Kober, T. (2013). Potential for renewable energy jobs in the Middle East. *Energy Policy*, 60, 296-304.

DOI : 10.1016/j.enpol.2013.05.014

Wateau, F. (2011). *Profils d'objets. Approches d'anthropologues et d'archéologues*. Paris : De Bocard.

Notes

1 « Electric Hybrids: emerging forms of energy transition in southern cities » : recherche financée par l'ANR (2018-2021) et coordonnée par Eric Verdeil et Sylvie Jaglin. <https://hybridelec.hypotheses.org/>

2 Les équipements pico-solaires correspondent aux produits dont la puissance est inférieure ou égale à 10 Wc (Lighting Global *et al.*, 2020).

3 *US Energy Information Administration*, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-capacity?pd=2&p=000000000000000000007v07&u=0&f=A&>



v=mapbubble&a=-&i=none&vo=value&t=C&g=none&l=249--117&s=315532800000&e=1514764800000&, consulté le 14/08/2020.

4 Banque Mondiale, <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EG.ELC.ACCS.RU.ZS?locations=KE>, consulté le 14/08/2020.

5 Banque Mondiale. “System Average Interruption Duration Index (SAIDI)” et “System Average Frequency Duration Index (SAIFI)”, <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=3001&series=IC.ELC.SAID.XD.DB1619>, consulté le 14/08/2020.

6 Ministry of Energy and Petroleum. “Last Mile Project”, <https://energy.go.ke/?p=914>, consulté le 22/04/2020.

7 Ministry of Energy and Petroleum. “About KOSAP”, https://energy.go.ke/?page_id=7185, consulté le 22/04/2020.

8 Mais les tests de conformité sont effectués avant l’importation des produits, ce qui pose des problèmes de contrôle effectif des contrefaçons (entretien KEBS, 6 Février 2020).

9 Le modèle de paiement en PAYGO permet l’achat des équipements solaires par versements journaliers de l’ordre de 50 KES (soit environ 0,50 €) et rend les kits solaires domestiques accessibles à une plus grande partie de la population rurale.

10 Un onduleur permet de transformer le courant direct produit par les panneaux solaires en courant alternatif (le type de courant du réseau électrique), pour lequel la plupart des équipements électriques sont conçus. Il existe quelques équipements pouvant fonctionner à partir de courant direct, mais ils sont plus rares et plus chers.

11 Au taux de change de la Commission Européenne, au 30 septembre 2020, un euro est équivalent à 128 KES, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/how-eu-funding-works/information-contractors-and-beneficiaries/exchange-rate-infoeuro_en, consulté le 30/09/2020.

12 Catalogues Davis & Shirliff et Chloride Exide, deux des principaux distributeurs d’équipements solaires au Kenya, <https://www.davisandshirliff.com/shop/solar> et <https://www.chloridexide.com/solar/?sels=swh>, consultés le 14/08/2020.

13 Entretien entreprise 1, 9 Janvier 2020 ; entretien entreprise 7, 3 Février 2020.

14 Entretien entreprise 3, 24 Janvier 2020 ; entretien *fundi* 8, 12 Février 2020.

15 Terme signifiant « soleil brulant » en kiswahili, employé pour désigner la micro-industrie locale et ses produits.

16 Terme signifiant « local », « artisanal » en kiswahili.

17 Entretien *fundi* 1, 1^{er} Février 2020 ; entretien *fundi* 8, 12 Février 2020.

18 Entretien entreprise 1, 9 Janvier 2020.

19 Entretien entreprise 3, 24 Janvier 2020 ; entretien *fundi* 8, 12 Février 2020.

20 Entretien entreprise 3, 24 Janvier 2020 ; entretien entreprise 4, 5 Février 2020.

21 Sur les 57 000 tonnes de déchets électroniques générés au Kenya en 2017, on comptait autour de 1 500 tonnes de produits solaires hors-réseaux, soit environ 3% du total des déchets électroniques du pays. Les projections estiment la quantité de déchets induite par les produits solaires hors-réseau en augmentation constante, pour atteindre environ 5 000 tonnes en 2022 (Magalini *et al.*, 2017).

22 Entretien *fundi* 2, 4 Février 2020.

23 Entretien *fundi* 8, 12 Février 2020.

24 Le pourcentage de produits solaires hors-réseaux retournés au cours de la période de garantie est autour de 7% en moyenne, ce chiffre ne correspondant pas parfaitement au volume des réparations dans la mesure où beaucoup de ces produits sont directement remplacés. Sur la période 2014-2017 au Kenya, 530 000 produits défectueux ont ainsi été retournés aux principales entreprises du secteur, qui avaient déployés plus de 8 millions de produits sur la même période (Magalini *et al.*, 2017).

25 Entretien *fundi* 8, 12 Février 2020.

26 Entretien entreprise 6, 28 Janvier 2020.

27 Entretien entreprise 7, 3 Février 2020.

28 Les kits solaires domestiques s’adressent surtout aux « classes moyennes rurales », qui représentent entre 55 et 65% des ménages ruraux hors-réseaux au Kenya, une part relativement élevée en comparaison avec d’autres pays d’Afrique subsaharienne (Rolffs *et al.*, 2014).



Table des illustrations

	Titre	Figure 1 : Chaîne de valeur des produits solaires neufs
	URL	http://journals.openedition.org/tem/docannexe/image/9139/img-1.png
	Fichier	image/png, 29k
	Titre	Figure 2 : Atelier de réparation d'une des plus importantes entreprises solaires à Nairobi (Baraillé, 2020)
	URL	http://journals.openedition.org/tem/docannexe/image/9139/img-2.jpg
	Fichier	image/jpeg, 176k
	Titre	Figure 3 : Boutique d'un <i>fundi wa stima</i> du quartier de Ngara à Nairobi (Baraillé, 2020)
	URL	http://journals.openedition.org/tem/docannexe/image/9139/img-3.jpg
	Fichier	image/jpeg, 184k
	Titre	Figure 4 : Chaîne de valeur des produits d'occasion (Baraillé, 2020)
	URL	http://journals.openedition.org/tem/docannexe/image/9139/img-4.png
	Fichier	image/png, 32k
	Titre	Figure 5 : Stocks de produits obsolètes dans une usine de traitement des déchets électroniques à Nairobi (Baraillé, 2020)
	URL	http://journals.openedition.org/tem/docannexe/image/9139/img-5.jpg
	Fichier	image/jpeg, 165k

Pour citer cet article

Référence électronique

Théo Baraille et Sylvie Jaglin, « L'artisanat de la réparation solaire à Nairobi (Kenya) : sur les apories d'une politique électrique « soutenable » », *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement* [En ligne], Articles, mis en ligne le 15 septembre 2022, consulté le 22 septembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/tem/9139>

Auteurs

Théo Baraille

Étudiant de Master, Sciences Po Paris – PSIA, 27 Rue Saint-Guillaume, 75007 Paris, theo.baraille@sciencespo.fr

Sylvie Jaglin

Professeure, Université Gustave Eiffel – LATTs, 6-8 Avenue Blaise Pascal – Cité Descartes – Champs-sur-Marne, 77455 Marne-la-Vallée CEDEX 2, sylvie.jaglin@univ-eiffel.fr

Droits d'auteur



Territoire en mouvement est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

