

Projets d'accès à l'électricité : comment en mesurer les bénéfices ?

Clara KAYSER-BRIL¹ et Pascal AUGAREILS²

Si le caractère bénéfique des programmes d'électrification fait consensus, ces bénéfices sont rarement définis et quantifiés. La méthode de la chaîne causale permet d'en définir l'étendue – mais comment les mesurer en pratique ? Les auteurs proposent plusieurs approches et présentent deux exemples d'application sur des projets concrets : calcul du surplus du consommateur dans le cadre d'un projet d'électrification rurale au Libéria, enquête sur les perceptions des bénéficiaires dans un contexte d'électrification périurbaine au Tchad.

Mots-clés : électrification, accès, mesure, bénéfices, surplus du consommateur, développement économique

Classification JEL : O12, O22, O55

Electricity Access Projects: How to Measure their Benefits ?

Beyond the global consensus that electricity access programs have important positive impacts, the actual benefits are difficult to assess precisely. The causal chain method allows us to define what “benefits” mean, but how can they be measured in the field? The authors review several approaches to that end and give concrete examples from two real-life cases: a calculation of consumer surplus for rural electrification in Liberia, and a survey of the perceived benefits of a suburban electrification project in Chad.

Keywords: Electrification, Access, Measure, Benefits, Consumer Surplus, Economic Development

¹ Ingénieur, spécialiste de l'électricité durable (consultant indépendant et expert pour Innovation Énergie Développement, IED). clara.kayserbril@gmail.com

² Économiste au sein du bureau d'étude Innovation Énergie Développement (IED). p.augareils@ied-sa.fr

Il est aujourd'hui largement admis que l'accès à l'électricité constitue un élément indispensable au développement social et économique. De fait, les programmes d'électrification prennent de plus en plus d'importance au sein des politiques d'aide au développement, comme l'illustre le lancement en 2011 de l'initiative « *Sustainable Energy for All* » de l'ONU³, dont un des buts est d'atteindre 100% d'accès à l'électricité en 2030. Cette ambition a été reprise en 2015⁴ dans les Objectifs de développement durable, dont le septième consiste à « garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables, modernes et abordables ». L'ensemble des acteurs s'accorde à juger que l'électrification a des répercussions positives sur la santé, la sécurité, l'éducation, l'emploi, les communications. Cependant, au-delà de ce consensus, la connaissance et la compréhension des bénéfices apportés par l'électrification sont encore peu développées. L'anecdote – récits de « *success stories* », photos de villageois en liesse... – tient souvent lieu de justification *a posteriori* des projets d'électrification. Sans remettre en cause la réalité de ces améliorations, nous souhaitons porter un regard plus précis et plus objectif sur l'évolution des usages et des habitudes de consommation des ménages ayant accès à l'électricité. En effet, depuis le début des années 2000, l'idée que les politiques d'aide au développement devraient être basées sur des preuves scientifiques plutôt que sur des anecdotes, des constructions théoriques ou des parti-pris idéologiques, fait progressivement son chemin. Popularisée notamment par le *Poverty Action Lab* de E. Duflo et A. Banerjee (J-PAL, 2015), la notion de développement basé sur les preuves s'inspire de celle de l'« *evidence based medicine* », qui consiste, dans le domaine médical, à systématiser les études de grande ampleur et à recourir aux données factuelles plutôt qu'aux dires d'expert. L'approche « *evidence based* » est-elle transposable aux programmes d'électrification ? Tandis que la recherche académique fait progresser la connaissance des bénéfices de l'électrification et construit un cadre méthodologique toujours plus rigoureux pour les quantifier, en situation opérationnelle les équipes impliqués dans la réalisation des projets n'ont que rarement le temps et les ressources nécessaires pour une réelle évaluation de ces bénéfices. Les auteurs⁵ cherchent dans cet article à établir un pont entre deux rives : le milieu opérationnel de l'aide au développement et le monde plus académique de l'économie du développement. Nous avons donc choisi d'aborder la problématique sous un angle très concret : quelles sont les méthodes permettant de quantifier les bénéfices de l'électrification ? Comment les mettre en œuvre dans le cadre de projets soutenus par l'aide internationale, soumis par ailleurs à d'importantes contraintes de temps et de budget ? Dans un

³ Initiative globale visant à coordonner les acteurs et à promouvoir les partenariats entre gouvernements, secteur privé et société civile. <http://www.se4all.org/>

⁴ Sommet spécial de l'ONU sur le développement durable (New York, 25-27 IX 2015).

⁵ L'un économiste, l'autre ingénieur, tous deux praticiens impliqués dans la conception et la réalisation de différents programmes d'électrification dans plusieurs pays d'Afrique.

premier temps, nous utilisons la méthode de la chaîne causale pour définir précisément les « bénéfices » à mesurer. Nous passons ensuite en revue différents indicateurs utilisés en pratique, à commencer par la diminution des dépenses énergétiques des ménages, puis le surplus du consommateur, illustré par un exemple portant sur l'électrification rurale au Libéria (estimation *ex ante* des bénéfices sur la base d'une enquête auprès de 650 ménages conduite en 2015). Après une réflexion sur la sélection d'échantillons représentatifs et comparables de la situation « avec » et de la situation « sans » électricité, nous proposons, enfin, une approche simplifiée, basée sur des indicateurs qualitatifs, mise en œuvre pour l'évaluation *ex post* d'un programme d'électrification en contexte périurbain, au Tchad en 2013.

1. DE QUELS BÉNÉFICES PARLE-T-ON ? LA MÉTHODE DE LA CHAÎNE CAUSALE ET SES LIMITES

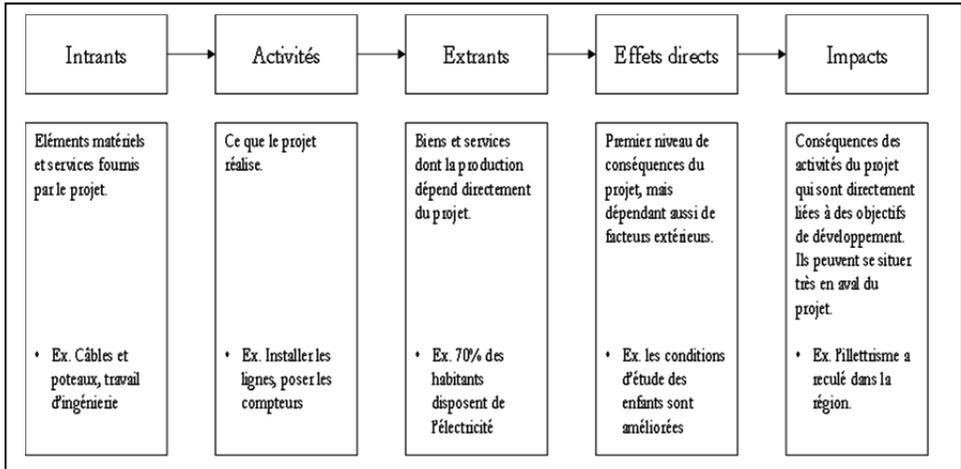
Il importe, avant toute chose, de définir ce que l'on souhaite mesurer : de quels bénéfices parle-t-on ? Nous utilisons la méthode de la chaîne causale pour les identifier. Cette méthode est employée dans tous les domaines de l'aide au développement (PNUD, 2009, 55), afin de poser un cadre permettant de suivre la réalisation, puis d'évaluer l'efficacité des programmes financés par l'aide internationale. La chaîne causale sert à formaliser le cheminement qui, à partir d'un projet défini par ses intrants et ses activités, conduira à des effets directs et indirects sur les conditions de vie des populations bénéficiaires. L'exemple du graphique 1 illustre l'un des bénéfices attendus d'un projet d'électrification.

Dans cet exemple, le projet est supposé avoir pour effet direct l'amélioration des conditions d'étude des enfants du village, et pour impact, à terme, le recul de l'illettrisme dans la région. Ce sont ces deux éléments, effets directs et impacts de plus long terme, que nous englobons ici dans la notion de « bénéfice ». Or, si les intrants, les activités et les extrants peuvent aisément faire l'objet de vérifications tout au long de la réalisation du projet, il s'avère déjà plus difficile de mesurer les effets directs. Quant aux impacts, situés très en aval, ils dépendent en général d'autres facteurs – dans notre exemple, entre autres, de la qualité du système éducatif – et ne se matérialisent que bien après la fin des activités du projet. Bien que le suivi et l'évaluation fassent à présent partie intégrante des cycles de projets soutenus par l'aide internationale, permettant l'évaluation des extrants et des effets directs, il est rare qu'un suivi de moyen-long terme puisse être mis en place pour la mesure des impacts. Les équipes de réalisation peuvent rester mobilisées quelques mois après la fin des travaux d'électrification, mais pas au-delà.

De fait, le terme « impact », pourtant largement utilisé dans les rapports d'activité et les évaluations de projet, y prend rarement le sens de conséquences

à long terme tel que défini dans le formalisme de la chaîne causale⁶. En pratique, ce sont les extrants et les effets directs qui sont décrits.

Graphique 1 : la chaîne causale, exemple d'application à un projet d'électrification⁷



Source : Auteurs.

2. DIMINUTION DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES : UN INDICATEUR SIMPLE MAIS INCOMPLET

Comment quantifier ces effets directs ? L'un d'entre eux, fréquemment mis en avant par les promoteurs des projets, est la diminution des dépenses énergétiques des ménages. L'électricité permet de s'éclairer mieux, et à moindre coût, que les lampes à kérosène, lampes à piles ou bougies utilisées par les ménages non électrifiés. Les ressources budgétaires ainsi économisées sont alors supposées disponibles pour d'autres dépenses – nourriture, éducation, santé –, ce qui doit contribuer à une amélioration des conditions de vie. Cette méthode consistant à mesurer la « dépense évitée » est couramment utilisée pour quantifier les bénéfices de l'électrification (voir, par exemple, ENEA,

⁶ À l'exception de certains projets d'infrastructures de grande ampleur (grand barrage, par exemple) dont les répercussions sur l'environnement et les populations riveraines sont tels qu'ils justifient la mise en place de comités indépendants chargés de suivre les impacts positifs et négatifs sur le long terme. Les projets d'électrification décentralisée ou d'extension de réseau sont rarement dans ce cas.

⁷ Nous adoptons ici la terminologie du Comité d'aide au développement (CAD) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Pour une application aux projets énergétiques, voir Adams *et al.* (2006, 10). Suivant les écoles de pensée, suivant les bailleurs de fonds, les concepts et les termes employés peuvent légèrement différer, mais le principe reste le même.

2012, 17, sur l'électrification par kits solaires en Ouganda). Elle est relativement simple à mettre en œuvre : des enquêtes rapides auprès des ménages pour déterminer leur budget énergie avant et après l'électrification suffisent à identifier cet effet et à mesurer son ampleur. L'étude en Ouganda citée ci-dessus fait apparaître une économie moyenne de 16 US\$ par famille et par mois. Cependant, elle présente deux limites de taille. D'une part, l'électrification s'accompagne parfois d'une... augmentation de la dépense énergétique. Cet effet rebond a été bien identifié par R. Massé en Afrique du Sud auprès des clients de Kwazulu Energy Services⁸ (Jobert et Massé, 2010, 27) : « 80% des clients [de Kwazulu Energy Services] estiment que leurs dépenses pour l'éclairage, la télévision, la radio, les lampes torches ont diminué depuis qu'ils ont accès à l'électricité » alors que les enquêtes montrent *a contrario* une augmentation pour 37% d'entre eux. Il s'agit surtout des familles de classes moyennes et aisées qui ont « profité de l'accès à l'électricité pour éclairer davantage de pièces simultanément (...) et les tenir éclairées plus longtemps chaque nuit (...), aussi pour s'équiper de nouveaux appareils électroménagers ». Il y a là un effet rebond direct : tout ou partie des économies réalisées sur le budget énergie sont immédiatement réutilisées pour augmenter l'accès aux services énergétiques. La simple mesure des économies réalisées risque donc de sous-estimer les effets directs de l'électrification. Et ce d'autant plus qu'elle ne permet pas de capturer un autre paramètre important, à savoir : la nette amélioration de la qualité de l'éclairage.

Tableau 1 : Quantité et coût unitaire de l'éclairage avec ou sans l'électricité pour les ménages ruraux au Pérou

	Flux lumineux en lumen	Coût du kilolumen-heure pour l'utilisateur (US\$)
Lampe tempête (kérosène)	32	1,14
Ampoule basse consommation 20W alimentée par le réseau	1 480	0,01

Source : D'après Meier et *al.* (2010, 42-47).

Comparée à la flamme d'une bougie ou d'une lampe à kérosène, une ampoule électrique offre une lumière bien plus puissante et confortable pour les yeux. Cette amélioration peut se quantifier en lumen (noté lm), qui est l'unité du système international pour la mesure d'un flux lumineux. Le lumen est similaire à une puissance instantanée ; il se mesure à l'aide d'un luxmètre, petit appareil portatif au coût très abordable. La quantité d'éclairage délivrée sur une période de temps donnée s'exprime en kilolumen-heure, comme une énergie mesurée en kilowatt-heure. Les lampes utilisées dans une région donnée étant

⁸ Kwazulu Energy Services (KES) est l'une des sociétés de services décentralisées (SSD) développées sous l'impulsion d'EDF sur le continent africain dans les années 2000. Elle alimente en électricité photovoltaïque plusieurs milliers de familles rurales au Kwazulu Natal, Afrique du Sud.

relativement semblables entre elles, il suffit de recueillir auprès des ménages des informations sur le nombre et le type de lampes qu'ils utilisent. On considère ensuite un flux standard pour chaque type de lampe. De cette manière, on met facilement en évidence que l'électrification permet, d'une part, l'augmentation de la quantité de lumen consommée par l'utilisateur et, d'autre part, la diminution du coût unitaire par kilolumen-heure, comme l'illustre le tableau 1.

3. AU LIBÉRIA : UNE APPROCHE EN TERMES DE SURPLUS DU CONSOMMATEUR

C'est sur cette base que les économistes du groupe Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) de la Banque mondiale ont développé par avancées successives l'approche par le « surplus du consommateur » (voir, notamment, Peskin, 2006 ; Barnes et *al.*, 2002, 12). Le surplus du consommateur est « une mesure du bien-être qui repose sur la différence entre ce qu'une personne, un ménage ou un groupe serait prêt à payer pour l'énergie, et ce qu'il paye effectivement » (Peskin, 2006, 1, traduction des auteurs). Cette notion trouve son origine au XIX^{ème} siècle dans les travaux de Jules Dupuit⁹, qui souligne déjà que le bien-être ressenti par le consommateur dépasse le prix payé (Siroën, 1995). Le terme de surplus du consommateur a ensuite été formulé et popularisé par Alfred Marshall¹⁰, selon qui le prix d'un bien est déterminé par le coût des facteurs de production autant que par la valeur que le consommateur est prêt à lui accorder. Pour toutes les unités consommées, le surplus du consommateur représente la somme des différences entre la disposition marginale à payer et le prix du marché. On le calcule sur la base de la courbe (prix, quantité) représentant la relation entre le prix de revient pour le consommateur, et la quantité d'énergie consommée pour ce prix.

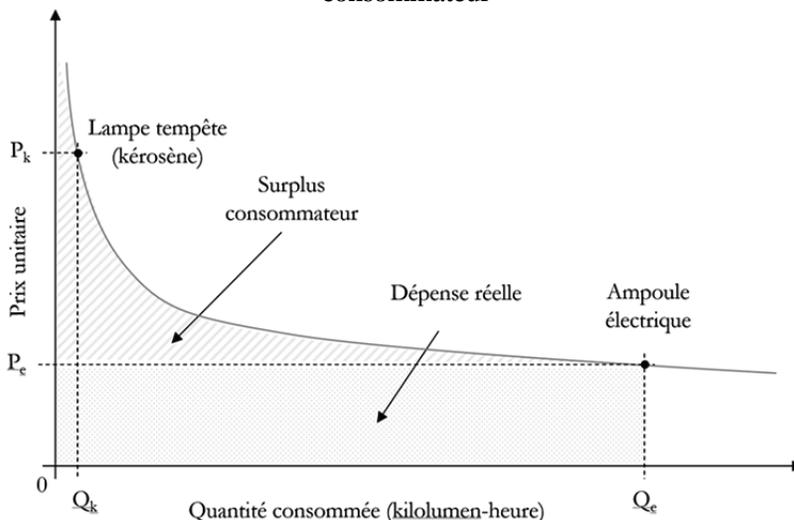
Pour l'éclairage comme pour de nombreux autres biens et services, plus le prix unitaire est élevé, plus la quantité consommée est faible – et inversement. La dépense totale que le consommateur serait prêt à consentir pour consommer une quantité Q , est l'aire comprise sous la courbe entre les abscisses 0 et Q (graphique 2). Après électrification, il ne paie effectivement que $P_e \times Q_e$ et bénéficie donc théoriquement d'un surplus. Le détail du calcul théorique de ce surplus est donné en annexe. La dépense évitée évoquée précédemment correspond, quant à elle, à la différence entre le prix total payé pour l'éclairage par lampe tempête ($P_k \times Q_k$) et celui pour l'éclairage électrique ($P_e \times Q_e$). Sur la courbe présentée ici, cette différence est négative : la dépense pour l'éclairage a augmenté. La méthode de la dépense évitée ne permettrait pas ici de mettre en

⁹ Jules Dupuit (1804-1866), ingénieur et économiste français, auteur de *De la mesure de l'utilité des travaux publics* (1844).

¹⁰ Alfred Marshall (1842-1924), économiste britannique de l'école néoclassique, auteur de *Principles of economics* (1890).

évidence les bénéfices de l'électrification qui sont pourtant bien réels ; la méthode du surplus du consommateur offre une meilleure perspective.

Graphique 2 : Courbe théorique (prix, quantité) pour l'éclairage et surplus du consommateur



Source : Auteurs d'après (IEG, 2008, 131).

L'illustration suivante est issue d'une enquête réalisée par les auteurs au Libéria en 2015 en vue d'estimer les bénéfices que pourrait apporter un projet d'électrification par mini-réseau prévu dans une zone reculée du pays¹¹. L'enquête, conduite en octobre 2015 auprès de plus de 650 ménages, dont 500 totalement dépourvus d'électricité et 150 ayant des solutions intermédiaires (fourniture d'électricité par de petits distributeurs locaux équipés de générateurs diesel), a collecté des données sur les usages actuels de l'énergie et les dépenses associées. Nous nous intéressons ici à deux usages clés : l'un historique est l'éclairage, l'autre, en pleine expansion, est l'utilisation des téléphones portables. Pour chacun d'entre eux, la courbe (P,Q) servant au calcul est construite à partir de deux points : la situation « avant électrification »¹² décrite à partir des données de l'enquête, la situation « électrification » estimée en considérant la capacité à payer de l'ensemble des ménages et les observations faites sur les usages réels des ménages en situation de pré-électrification.

¹¹ Étude « *Pre-feasibility study of MW-sized hybrid isolated mini-grids in Lofa county, Liberia* », 2015-2016, réalisée pour la Banque mondiale par les bureaux d'études Innovation Énergie Développement (IED, France) et Center for Sustainable Energy Technology (CSET, Liberia).

¹² Dans cette zone rurale non encore électrifiée, l'enquête a permis d'observer la généralisation de l'éclairage par lampes à piles dites « lampes chinoises », à faible coût et durée de vie limitée. Les lampes à pétrole et les bougies ne sont, à de très rares exceptions près, plus utilisées en 2015.

Les ménages enquêtés sont répartis en trois catégories suivant leur niveau de revenu : bas (74% de la population), moyen (24%) et haut (2%). Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 : Prix unitaire de l'éclairage et de la recharge de téléphone portable avant et après électrification

	Avant électrification (données d'enquête)	Après électrification (estimations)
Prix unitaire d'une recharge de téléphone portable (US\$)	0,23	0,0034
Prix unitaire d'un kilolumen-heure d'éclairage (US\$)	0,32	0,0056

Source : Auteurs (enquête, Lofa county, Liberia, 2015).

Tableau 3 : Estimation du surplus du consommateur mensuel pour l'éclairage et la recharge de téléphone portable, pour chaque catégorie de ménages

	Ménage "bas revenus"	Ménage "revenus moyens"	Ménage "revenus hauts"
<i>% de la population</i>	74	24	2
Surplus du consommateur pour l'usage "téléphone portable" (US\$)	1,9	2,7	3,7
Surplus du consommateur pour l'usage "éclairage" (US\$)	15	18	37

Source : Auteurs (enquête, Lofa county, Liberia, 2015).

Le surplus du consommateur apparaît clairement. Pour la recharge de téléphone portable, le surplus du consommateur, de près de 2 US\$ à 3,70 US\$/mois, dépasse le budget qui lui est aujourd'hui effectivement consacré par les ménages : le nombre de recharges augmente largement dès lors que le prix unitaire devient abordable pour les ménages. Pour l'éclairage, on remarque l'importance du surplus du consommateur, allant de 15 US\$ à près de 37 US\$ par ménage et par mois. Ce surplus s'explique autant par le coût élevé des piles en situation non électrifiée que par l'amélioration significative de la qualité de l'éclairage entre lampes à piles fréquemment rencontrées et les ampoules fluo-compactes (CFL) utilisées en situation d'électrification. L'enquête a, par ailleurs, permis de constater une évolution notoire dans l'utilisation des téléphones portables. En l'absence d'accès à l'électricité, le budget consacré à la recharge des téléphones portables (effectuée à l'extérieur dans des kiosques spécialisés) peut atteindre le quart du budget énergie des ménages. Le coût de revient du kWh est exorbitant, et peut dépasser 15 US\$/kWh. Les ménages limitent alors le nombre de recharges et l'utilisation du téléphone aux usages essentiels pour rester dans leurs capacités à payer. En situation d'électrification à un coût modéré, la recharge du téléphone ne représente plus un coût visible et immédiat. Les ménages diversifient naturellement leurs usages du téléphone portable : télécommunication bien sûr, mais aussi information (radio), divertissement (musique, jeux) et même éclairage d'appoint pour les

déplacements extérieurs, en particulier. Chacun de ces usages, consommateurs de batteries, se font en substitution à d'autres équipements tels que les radios et lampes torches, consommateurs de piles.

La méthode du surplus du consommateur permet donc de valoriser les bénéfices de manière relativement simple et robuste. Elle permet également de calculer le taux de retour économique d'un projet d'électrification en comparant les coûts d'investissement aux bénéfices pour la population ; elle est, dès lors, utilisée pour comparer entre eux différents projets. Demeurent, néanmoins, plusieurs réserves d'ordre théorique et pratique. Nous renvoyons le lecteur à Peskin (2006) et IEG (2008) pour la discussion des questions théoriques. Sur le plan pratique, plusieurs obstacles apparaissent. D'une part, comme cela est visible dans les tableaux 2 et 3, la courbe (P,Q) est propre à chaque consommateur et différente pour chaque usage. Les réactions d'une famille donnée face à une augmentation du prix de l'énergie ne seront pas les mêmes que celles de la famille voisine. Les plus pauvres seront probablement très réactifs, limitant le niveau d'éclairage au strict minimum, tandis que les plus aisés pourront maintenir un niveau de consommation plus ou moins constant. En pratique, il n'est pas possible de tracer une courbe (P,Q) pour chaque consommateur pris individuellement, mais il s'avère nécessaire de répartir la population en plusieurs groupes de consommateurs aux caractéristiques similaires et de travailler séparément pour chaque usage : la consommation d'éclairage n'évoluera pas de la même manière que l'utilisation de la télévision ou du téléphone portable. Pour obtenir des résultats significatifs, il faut donc disposer d'un grand nombre de données sur un échantillon important de population. Le deuxième obstacle pratique a trait à la forme de la courbe, dont dépend fortement la valeur du surplus. Le graphique 2 repose sur la mesure de deux points : $\{P_k, Q_k\}$ avant électrification, $\{P_e, Q_e\}$ après. Il est parfois faisable de rajouter un troisième point correspondant à un autre mode d'éclairage (bougies, lampes à pile – voir Meier *et al.*, 2010), mais cela demande d'accroître encore la quantité de données à rassembler. Le résultat est donc sensible aux hypothèses faites pour l'interpolation de la courbe entre les points expérimentaux (voir détail en annexe).

4. LE DIFFICILE CHOIX D'ÉCHANTILLONS REPRÉSENTATIFS

Que l'on cherche à calculer l'économie réalisée, le surplus du consommateur, ou à comparer une série d'indicateurs socio-économiques pour des familles disposant, ou non, de l'électricité, se pose la même question : sélectionner deux échantillons représentatifs et comparables de la situation « avec » et de la situation « sans » électricité. L'approche la plus évidente est de profiter des enquêtes habituellement conduites lors des études préparatoires aux travaux d'électrification pour établir une « *baseline* » (ligne de base), sorte d'instantané des usages énergétiques et des conditions de vie avant le projet, et de répéter

l'exercice à l'issue du projet, une fois les consommateurs raccordés au réseau. Cette approche est simple et facilement intégrable au cycle de projet. Elle souffre, cependant, d'un biais important : hormis les usages directs de l'électricité (comme l'éclairage), comment s'assurer que les différences mesurées, souvent à plusieurs années d'intervalle, sont directement imputables à l'électrification ? Reprenons l'exemple du graphique 1 : l'un des effets directs escompté est l'amélioration des conditions d'étude des enfants. Si un tel effet est mesuré, sera-t-il dû à l'électricité, ou bien à une autre raison – par exemple à une amélioration générale du niveau de vie dans le village, en lien avec le développement économique du pays ? Ce biais est souvent négligé dans les études d'évaluation de projet (voir, par exemple, l'évaluation d'un programme d'électrification du PNUD par pico-hydroélectricité¹³ au Népal, où l'augmentation du revenu moyen par ménage dans les villages bénéficiaires est attribuée en totalité au programme, sans tenir compte des autres évolutions survenues dans l'intervalle) (PNUD, 2011, 11). Lorsqu'on ne dispose pas de ligne de base, ou lorsqu'on souhaite éviter le biais cité précédemment, il est possible de réaliser une analyse transversale en comparant, à un instant donné, une population ayant accès à l'électricité à une population qui en est dépourvue. Il existe alors un risque de biais de sélection. D'une part, les programmes d'électrification – surtout par extension de réseau – ciblent d'abord les villages les plus proches des infrastructures existantes, progressant ensuite vers les localités les plus reculées. Il s'ensuit qu'un village ayant bénéficié de l'électrification aura plus de chances d'être proche de la route et mieux doté en infrastructures qu'un village n'en ayant pas bénéficié. Si l'on cherche à comparer au sein d'un même village ceux qui ont l'électricité et ceux qui ne l'ont pas, on retrouve le même biais de sélection : sauf dans le cadre d'un programme ciblant de manière volontaire les populations pauvres, ceux qui se sont raccordés à l'électricité disposent, en moyenne, de revenus plus élevés que les autres, faussant l'analyse.

Plusieurs solutions existent pour éviter ces biais. Bernard (2012, 41) recense des travaux de recherche récents ayant permis de constituer, dans la lignée des démarches « *evidence based* » mises en place dans d'autres domaines de l'aide au développement, des groupes « avec » et « sans » électricité strictement comparables, permettant de conduire une évaluation non biaisée. Il s'agit soit de travailler avec un échantillon de grande taille et de disposer d'une importante quantité de données permettant de contrôler et de corriger le biais de sélection (utilisation de variables instrumentales, méthode des doubles différences), soit d'introduire une randomisation dans la constitution des groupes. Il est malaisé, voire impossible, de choisir au hasard l'ordre dans lequel des localités bénéficieront d'un programme d'électrification. Bernard et Torero (2013)

¹³ Pico-hydroélectricité : une turbine hydroélectrique de petite puissance, de quelques centaines de watts à quelques kilowatts, est installée sur un petit cours d'eau pour alimenter un village isolé. Ce type d'installation est très répandu au Népal.

proposent de contourner cet obstacle en introduisant un élément de randomisation par la distribution aléatoire de coupons de réduction valables sur les frais de raccordement au réseau électrique. La méthode, utilisée dans dix villages éthiopiens ayant fait l'objet d'un projet d'électrification en 2008, a consisté à distribuer des coupons offrant une réduction de 10% ou de 20% à certaines familles choisies au hasard. Les auteurs ont ainsi pu s'affranchir des biais de sélection pour étudier le rôle joué par les interactions sociales dans le choix des familles de se raccorder ou non au réseau.

5. AU TCHAD : UNE ÉVALUATION REPOSANT SUR LA PERCEPTION DES HABITANTS

Ces démarches sont extrêmement prometteuses en termes de recherche, mais difficilement généralisables à l'ensemble des projets. Pour terminer ce tour d'horizon, nous proposons donc un cas radicalement opposé où l'on ne disposait ni des moyens ni du temps pour conduire une enquête poussée, et où il n'existait pas d'information exploitable sur la situation « avant » électrification. Il s'agit de l'évaluation d'un programme d'électrification en contexte périurbain, conduite par Clara Kayser-Bril au Tchad en 2013. Le projet, dit « Électrification périurbaine intensive en zone CEMAC », a été mené de 2008 à 2015 dans cinq pays d'Afrique centrale¹⁴ et a concerné plusieurs dizaines de milliers de ménages pour une électrification périurbaine par extension de réseau. Partant du constat que de nombreux programmes d'électrification aboutissent à des résultats décevants en termes de pénétration de l'électrification – c'est-à-dire que, dans une localité considérée comme électrifiée, seule une petite fraction de la population est effectivement raccordée au réseau – le projet a adopté une démarche volontariste en direction notamment des ménages les plus pauvres. Un des points clés de cette démarche résidait dans la construction d'un réseau électrique dense couvrant en totalité les quartiers ciblés. En effet, dans les pays du projet, bien souvent le réseau électrique s'arrête en périphérie des quartiers et il appartient aux habitants de financer au coup par coup les travaux nécessaires pour raccorder leur habitation (Yvanoff et Augareils, 2014, 6). Ces travaux peuvent être conséquents¹⁵, pour un coût par famille allant de 300 € à 2 500 € environ. L'obstacle que constituent des coûts de raccordement élevés est largement reconnu et plusieurs approches existent pour le contourner

¹⁴ « Projet d'électrification périurbaine intensive en zone CEMAC », 2007-2015, doté d'un budget de 20 millions €, cofinancé par la Commission européenne et par les cinq pays concernés (Cameroun, Centrafrique, Congo, Gabon et Tchad), sous l'égide de la Communauté économique et monétaire des États de l'Afrique centrale (CEMAC). La société d'étude et d'ingénierie IED, partenaire du projet, a fourni l'assistance technique nécessaire à sa réalisation.

¹⁵ D'après les investigations menées avant le projet, il s'agissait de faire poser de un à trois poteaux, de 50m à 290m de câble, aux frais du futur abonné.

(Eberhard et *al.*, 2011, 118). Dans le cadre du projet décrit ici, le choix a été de densifier les réseaux « basse tension » à l'intérieur du quartier, de manière à ce que toutes les habitations soient à moins de 40 m d'un poteau. Le coût marginal de raccordement d'un nouvel abonné s'en trouve considérablement réduit. Du point de vue de l'opérateur du réseau, le surcoût à l'investissement doit être recouvert grâce à des recettes accrues provenant d'un plus grand nombre d'abonnés. Cette approche s'est doublée de subventions ciblées pour diminuer les frais de raccordement et d'une politique de commercialisation très active auprès des futurs abonnés.

L'évaluation menée courant 2013 a principalement porté sur les extrants – il s'agissait notamment de savoir si la densification des réseaux a bien abouti à une forte pénétration de l'électricité à l'intérieur des quartiers ciblés – et sur les effets directs. Nous avons choisi d'approfondir l'évaluation dans l'un des quartiers du projet, le quartier de Farcha Milezi, en périphérie de N'djamena, au Tchad. Cette zone, électrifiée en 2012-13, comptait alors 400 ménages. L'enquête d'évaluation, conduite en août 2013, a porté sur 93 ménages soit 23% de la population. Des interviews ont également été conduites auprès du personnel de la Société nationale d'électricité chargé des travaux et de la commercialisation des branchements. L'enquête a mis en évidence le fort taux de pénétration de l'électricité dans le quartier : avec 87% des habitants disposant de l'électricité, l'approche du projet a ici été couronnée de succès¹⁶.

Tableau 4 : Pénétration de l'électricité dans le quartier de Farcha Milezi, Tchad

	% de la population
Ménages électrifiés de manière formelle dont :	84
<i>Déjà abonnés avant le projet</i>	14
<i>Nouveaux abonnés du projet</i>	70
Ménages électrifiés de manière informelle	3
Ménages non électrifiés	13
Total	100

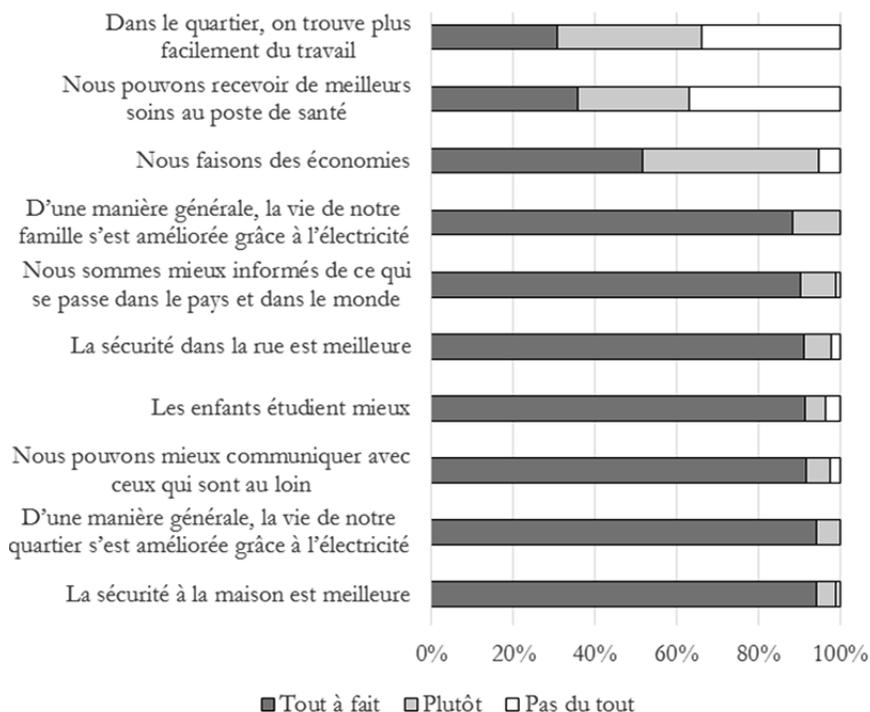
Source : Auteurs (enquête, N'Djamena, Tchad, 2013).

L'obtention de données fiables quant aux effets directs du projet aurait requis la conduite d'une enquête nettement plus approfondie que ce qu'il nous était possible de mener, tandis que les impacts n'auraient pas encore pu être mis en évidence si rapidement après la construction des réseaux. Nous avons alors fait le choix d'étudier la perception qu'avaient les habitants des changements apportés par l'électrification. L'enquête a permis de dégager un consensus net quant à l'amélioration globale apportée par l'électricité et les effets positifs pour l'étude des enfants, la sécurité et la communication (graphique 3).

¹⁶ Dans les trois autres quartiers bénéficiaires du projet en périphérie de N'Djamena, la pénétration est moins impressionnante et s'établissait, fin 2014, à 45% en moyenne (chiffres fournis par la société IED).

En revanche, les avis sont partagés en ce qui concerne l'accès aux soins, les économies réalisées sur le budget énergie, et l'emploi. De fait, seuls 10% des ménages enquêtés ont déclaré utiliser l'électricité dans le cadre d'une activité économique. Avec l'arrivée de l'électricité il devient en effet possible d'acquérir un réfrigérateur et de vendre des boissons fraîches ou de la glace¹⁷. Mais cela reste une activité annexe : une source de revenu supplémentaire, certes, dont il serait cependant exagéré de dire qu'elle crée des emplois. L'enquête n'a mis en évidence qu'une seule création d'emploi directement liée à l'arrivée de l'électricité (il s'agissait d'une salle informatique). Notre évaluation a permis de confirmer certains bénéfices attendus de l'électrification – sécurité, étude, communication – et de relativiser l'importance de certains autres – économies réalisées et emploi.

Graphique 3. Perception des bénéfices de l'électrification par les habitants du quartier de Farcha Milezi, Tchad



Source : Auteurs (enquête, N'Djamena, Tchad, 2013).

¹⁷ L'un des enquêtés a confié que « l'électricité crée de l'activité pour nos épouses qui peuvent vendre des glaçons ».

CONCLUSION

À de nombreux égards, les observations faites sur d'autres projets se rejoignent : la création d'une dynamique économique est un processus complexe, multifactoriel, pour lequel l'accès à l'électricité est une condition nécessaire mais non suffisante. Le cadre méthodologique existant devrait permettre aux praticiens de systématiser, avec des outils accessibles et peu coûteux, l'évaluation précise et objective des bénéfices des programmes d'électrification. Il sera alors possible d'estimer, lors de la conception de ces programmes, les retombées qu'il est raisonnable d'en attendre et ainsi de mieux cibler les actions en fonction des objectifs de développement fixés. En parallèle, les chercheurs et les théoriciens doivent continuer à faire progresser les outils méthodologiques qu'ils proposent afin de s'adapter aux évolutions d'usage constatées sur le terrain. L'essentiel des travaux cités dans cet article concernent des cas où l'électricité a permis de remplacer des lampes à kérosène ou des bougies pour l'éclairage. Or, ces comparaisons, pourtant récentes, s'avèrent aujourd'hui obsolètes pour de nombreuses zones rurales de l'Afrique : avec l'arrivée massive de lampes portatives à LED fabriquées en Chine¹⁸, les situations « sans électricité » sont en pleine mutation. D'ailleurs, comment caractériser aujourd'hui une situation « sans électricité » ? La multiplicité des solutions de substitution et de pico-électrification¹⁹ – lanternes solaires et panneaux photovoltaïques individuels, batteries de moto ou de voitures rechargées à l'extérieur, utilisation des téléphones portables pour les télécommunications bien sûr, mais aussi pour l'information (radio), le divertissement (musique, jeux) et même l'éclairage d'appoint – rend difficile la définition d'une frontière nette. Considérant cette tendance naturelle des populations à se doter d'équipements électriques, pouvant leur offrir un meilleur accès au confort et faciliter leurs niveaux d'information et de communication, la simple baisse du coût de revient aux usagers finaux peut suffire à justifier l'intérêt des projets d'accès à l'électricité de manière viable et pérenne. Au-delà des usages, la question des sources d'énergie est également fondamentale pour évaluer l'efficacité et la pertinence des programmes d'électrification durable. Mettre en avant des solutions durables reposant sur des technologies qui n'impactent pas négativement l'environnement semble une évidence, mais on manque encore d'outils simples pour comparer de manière quantitative les différentes solutions techniques possibles. Dans le cadre de travaux ultérieurs, il s'agirait, de la même façon, de parvenir à intégrer la mesure des externalités positives et négatives telles que l'utilisation de piles jetables sans

¹⁸ Nous ne disposons pas de données sur cette « transition énergétique » actuellement en cours, mais nous avons pu en constater *de visu* la réalité dans plusieurs pays (Libéria, Burkina Faso, Sénégal, Népal).

¹⁹ Le terme « pico-électrification » renvoie ici aux solutions à petite échelle permettant de bénéficier d'une partie des services que procure l'électrification, sans pour autant être raccordé au réseau électrique.

mécanisme de recyclage, la pollution des sols et des eaux causées par les batteries des kits solaires, ou les nuisances sonores et rejet de CO₂ par les groupes thermiques.

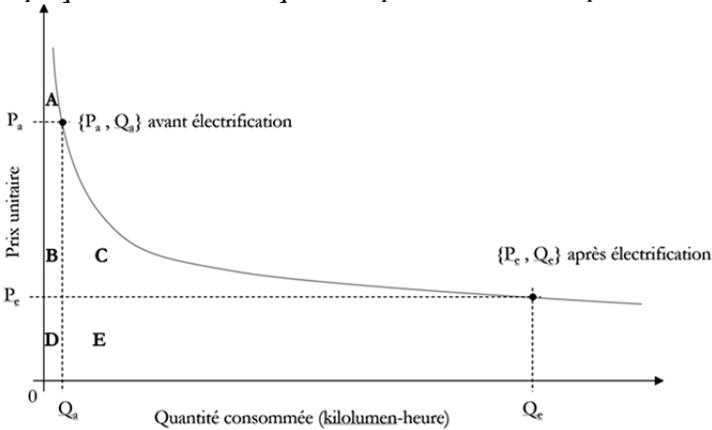
BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS S., ANNECKE W., BLAUSTEIN E., JOBERT A., PROSKURNYA E., NAPPEZ C., BRINKMAN V., HUNTJENS E., OP DEN COUL M., RAI K., KEES M. (2006) *Guide de suivi et d'évaluation pour les projets énergétiques, Suivi et évaluation dans le secteur de l'énergie pour le développement*, Groupe de travail M&EED (Monitoring and Evaluation in Energy for Development), 108 p.
- BARNES D., DOMDOM C., ABIAD V., PESKIN H. (2002) *Rural Electrification and Development in the Philippines: Measuring the Social and Economic Benefits*, Washington, International Bank for Reconstruction and Development/World Bank, 169 p.
- BERNARD T. (2012) Impact Analysis of Rural Electrification Projects in Sub-Saharan Africa, *The World Bank Research Observer*, vol. 27, n° 1, 33-51.
- BERNARD T., TORERO M. (2013) Social Interaction Effects and Connection to Electricity: Experimental Evidence from Rural Ethiopia, *Economic Development and Cultural Change*, 63 (3), 459-484.
- EBERHARD A., ROSNES O., SHKARATAN M., VENNEMO H. (2011) *Africa's Power Infrastructure : Investment, Integration, Efficiency*, Africa Infrastructure Country Diagnostic (AICD) series, Washington, The World Bank, 352 p.
- ENEA Consulting (2012) *Social Impact Assessment of BBOX In Uganda*, December, Paris, 34 p.
- IEG (2008) *The welfare impact of rural electrification: The reassessment of the costs and benefits - Appendix H: Calculating consumer surplus*, Independent Evaluation Group, The World Bank, 154 p.
- JOBERT A., MASSÉ R. (2010) Les sociétés de services décentralisées (SSD) : une synthèse de l'évaluation du modèle d'entreprise et de ses impacts sur la pauvreté au Mali, en Afrique du Sud et au Maroc, Chatou, EDF R&D.
- J-PAL (2015) Présentation du J-PAL, Laboratoire d'action contre la pauvreté, sur le site web <http://www.povertyactionlab.org/fr/j-pal>
- MEIER P., TUNTIVATE V., BARNES D., BOGACH S., FARCHY D. (2010) *Peru: National Survey of Rural Household Energy Use*, Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP), The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank Group, 190 p.
- PESKIN H.M. (2006) A Primer on Consumer Surplus and Demand: Common Questions and Answers, *ESMAP Knowledge Exchange Series*, n° 5, 4 p.
- PNUD (2011) *Energy to move rural Nepal out of poverty: The rural energy development program model in Nepal, Environment and Energy, Case Study 10*, Bangkok, UNDP Asia-Pacific Regional Center, 32 p.
- PNUD (2009) *Guide de la planification, du suivi et de l'évaluation axés sur les résultats du développement*, New York, Programme des Nations unies pour le développement, 232 p.
- SIROËN J.-M. (1995) Dupuit et la pensée économique contemporaine, *Revue française d'économie*, vol. 10, n° 2, 35-54.
- YVANOFF H., AUGAREILS P. (2014) *Une nouvelle approche d'électrification en zone périurbaine*, série « Les bonnes pratiques des membres du CLUB-ER », Francheville, IED/Club-ER, 11p.

Annexe : Calcul du surplus du consommateur

La dépense totale que le consommateur serait prêt à consentir pour consommer une quantité Q , est l'aire comprise sous la courbe entre les abscisses 0 et Q (IEG, 2008,132-133). Avant électrification, en s'éclairant par exemple avec une lampe à kérosène, il paie effectivement $P_a \times Q_a$, soit l'aire B+D sur le graphique A1. Il bénéficie donc théoriquement d'un surplus correspondant à l'aire A – ce qu'il aurait dû payer s'il avait eu recours à une solution encore moins efficace, des bougies par exemple. Avec l'arrivée de l'électricité, il consommera Q_e et paiera $P_e \times Q_e$ – soit l'aire D+E, au lieu de A+B+C+D+E. La différence entre la situation avant électrification et après électrification correspond à une augmentation du surplus de B+C.

Graphique A1 : Calcul théorique du surplus consommateur pour l'éclairage



Source : Auteurs, d'après IEG (2008, 132-133).

Du point de vue du consommateur, les économies réalisées correspondent à la différence entre le prix total payé pour l'éclairage par lampe tempête ($P_a \times Q_a$ soit l'aire B+D) et celui pour l'éclairage électrique ($P_e \times Q_e$ soit l'aire D+E). Ces économies sont donc égales à l'aire B - E.

Le tracé de la courbe (P,Q) repose sur la mesure de deux points : $\{P_a, Q_a\}$ avant électrification, $\{P_e, Q_e\}$ après. La forme exacte de la courbe ne peut être déterminée par la mesure et il faut l'interpoler. Les initiateurs de cette méthode préconisent de modéliser la fonction de demande comme une fonction de la disposition marginale à payer selon l'équation : $P = KQ^\eta$

Où : P = Prix, Q = Quantité, η = Élasticité, supposée constante et déterminée à partir des données expérimentales, K = Constante

$$\eta = \ln P_a - \ln P_e \ln Q_a - \ln Q_e$$

Le surplus du consommateur peut alors être calculé comme suit :

$$C = \frac{K}{\eta+1} (Q_e^{\eta+1} - Q_a^{\eta+1}) - (Q_e - Q_a)P_e$$

a : caractérise la situation du ménage avant l'accès à l'électricité.

e : caractérise la situation du ménage à la suite de son accès à l'électricité.
