



Jean-Claude BERTHELEMY

Professeur à l'université Paris 1, dont il a dirigé le département d'économie, co-directeur de l'axe de recherche « Economie du développement durable » du centre d'économie de la Sorbonne, et vice-président de l'association Sorbonne Développement Durable. Il est Senior Fellow de la FERDI (Fondation pour les Etudes et la Recherche sur le Développement International), pour laquelle il anime des recherches sur l'accès à l'électricité au sein du programme « Environnement, climat et développement » ; et membre correspondant de l'Institut de France.



Arnaud MILLIEN

Enseignant-chercheur au centre d'économie de la Sorbonne où il prépare une thèse sur l'effet de la fiabilité de l'offre d'électricité sur le comportement des ménages et des firmes. Diplômé de l'ENSAE, il a acquis vingt années d'expérience en évaluation économétrique et modélisation financière, et est un spécialiste de la conception et réalisation de bases de données transversales dédiées à l'évaluation des performances et impacts. Il est consultant de la FERDI (Fondation pour les Etudes et la Recherche sur le Développement International) pour laquelle il apporte sa compétence au projet de cartographie des projets d'électrification décentralisée.

jean-claude.berthelemy@univ-paris1.fr  
arnaud.millien@univ-paris1.fr

## Pour une cartographie intelligente des projets d'électrification décentralisée

L'introduction en 2015 de l'électricité comme composante importante d'un Objectif de Développement Durable (ODD), est novatrice, et devrait stimuler la recherche sur l'apport de l'électrification au développement. Cet article expose un projet, initié par la *Fondation pour les études et recherches sur le développement international* (FERDI), visant à y contribuer par la création d'une cartographie intelligente des projets d'électrification décentralisée, la « Collaborative Smart Mapping of Micro-grid Action » (CoSMMA).

L'apport de l'électrification au développement a été jusqu'à présent largement ignoré par les économistes du développement, ou, au mieux, conçu comme une évidence ne justifiant pas de recherches spécifiques. Dans le nouveau contexte créé par les ODD, il va être nécessaire de mesurer et vérifier les impacts de projets d'électrification, à un moment où l'arrivée du renouvelable crée, par ailleurs, les conditions d'une révolution dans les stratégies d'électrification, en permettant de promouvoir des projets décentralisés, seuls à même d'apporter des solutions aux vastes zones qui sont pour longtemps hors de portée des grands réseaux électriques.

Ce champ de recherche est particulièrement important pour l'Afrique qui accuse un retard de développement dramatique en la matière : 600 millions d'Africains n'ont pas accès à l'électricité en 2017, alors que les progrès technologiques récents apportent des solutions crédibles pour combler ce retard. Ces solutions résident dans l'électrification décentralisée utilisant des sources d'énergie renouvelables, en particulier le solaire, très abondantes sur une grande partie des territoires africains. La modularité, la souplesse de conception, la rapidité de déploiement et la baisse continue des coûts font du solaire une solution appropriée pour l'électrification en Afrique, éventuellement en combinaison avec d'autres énergies renouvelables (hydraulique, éolien, biomasse, géothermie).

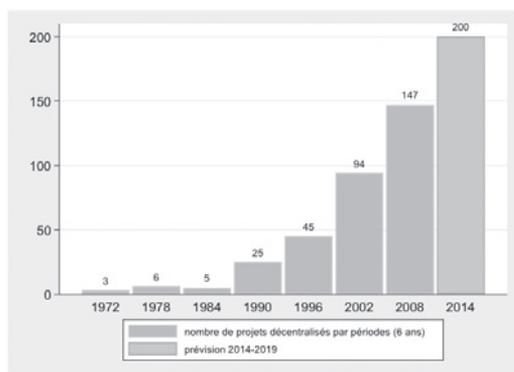
Pour accompagner le développement de l'électrification décentralisée, il faut disposer de travaux d'évaluation de bonne qualité sur les impacts des projets d'électrification, à défaut de quoi, les développeurs et les financeurs manqueront de visibilité sur les solutions les plus appropriées et les impacts pouvant être obtenus, ce qui ferait obstacle au passage à l'échelle. Ces conditions favorables au passage à l'échelle sont au stade actuel indispensables pour faciliter l'adhésion des grandes agences de développement qui, autrement, continueront à préférer s'engager sur des projets de grandes infrastructures de réseaux électriques, laissant de côté les centaines de millions d'habitants des zones rurales et péri-urbaines du continent africain.

L'ambition du projet CoSMMA est d'établir une cartographie intelligente des effets produits par les projets d'électrification décentralisée et d'identifier les meilleures pratiques. À titre de pilote cet article résume les résultats d'une méta-analyse réalisée à partir des données d'articles de recherche économique portant sur les spécifications de projets d'électrification et la mesure de leurs effets relevés par les chercheurs.

Outil de cartographie intelligente, la CoSMMA s'appuiera sur une base de données recensant les effets de l'électrification décentralisée et qui alimente cette méta-analyse. Une méta-analyse rassemble les travaux de recherche sur une relation de cause à effet particulière et évalue la solidité scientifique de l'établissement des résultats à partir des relevés de terrain. C'est une méthode de qualification qui est couramment employée par les évaluateurs de la recherche en économie pour réexaminer *a posteriori* un ensemble de résultats sur un même phénomène.

À ce jour, cette méta-analyse a collecté 4781 effets produits par 849 projets d'électrification, et relevés par 200 chercheurs qui les ont publiés dans 221 articles à comité de lecture. Les documents proviennent de 4 bases économiques internationales de référence : Academic-Search Premier, Business Source Complete, EconLit et GreenFILE.

Premier constat, la croissance au cours du temps des mises en service de systèmes décentralisés, telles qu'évaluées dans ces publications est le reflet de l'intérêt croissant porté par les développeurs aux projets d'électrification décentralisée.



La méta-analyse statue sur les impacts socio-économiques de l'électrification à partir des 4781 effets relevés. On appelle « impact » un effet significatif d'un projet sur les populations. Les évaluations recensées se caractérisent par la rareté des résultats établis de manière scientifique : seuls 2/3 des effets relevés sont quantifiés et seuls 1/3 le sont avec une méthode statistique permettant de statuer sur leur significativité. Les méta-régressions effectuées sur

ces données permettent d'estimer la probabilité qu'un effet ait été mesuré en fonction des caractéristiques du projet, d'évaluer l'impact des conditions de la mesure (méthode et taille de l'échantillon) sur la significativité des résultats obtenus, puis d'isoler les caractéristiques de projets à l'origine des impacts relevés, en contrôlant pour les conditions d'estimation. Il apparaît que la technologie, l'échelon de décision et l'échelon de réalisation jouent un rôle déterminant dans la capacité des projets à produire des impacts.

Pour rapprocher ces résultats des projets concrets observés, les projets recensés dans la CoSMMA ont été regroupés en fonction de leurs similarités, à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique. La classification ainsi réalisée permet de mettre en évidence des profils-types de projets, et par suite d'identifier ceux d'entre eux qui illustrent les bonnes pratiques, en révélant les caractéristiques des projets qui réduisent au mieux l'écart entre les effets attendus par les développeurs et les résultats effectivement observés.

Les résultats obtenus par ces méthodes sont préliminaires mais prometteurs. Ils montrent que deux critères importants contribuent à différencier les projets de mini-réseaux décentralisés : la spécialisation technologique et la distance entre échelons de décision et de réalisation.

Le projet typique est un système hors réseau utilisant une technologie renouvelable exclusive (solaire, biomasse, hydraulique), ou solaire combinée à une autre technologie. Il privilégie les petites capacités (moins de 100 kW), et est installé dans les zones géographiques en développement (hors OCDE).

Il présente une forte dissymétrie entre l'échelon de décision, global (plus des trois quart des projets sont engagés au niveau inter-régional, national ou provincial), et celui de réalisation, exclusivement local. 90% des projets sont installés sur une communauté locale ou un regroupement de communautés. Privilégiant les petites capacités, l'échelle de ce type de projet peut descendre jusqu'à l'installation individuelle de moins d'1kW.

Au-delà de ce modèle-type, il existe une grande variété de mini-réseaux décentralisés, plus ou moins efficaces en termes d'impacts obtenus.

- Les projets hybrides solaire-diesel sont beaucoup plus souvent engagés et réalisés au niveau local, avec une fourchette de capacités plus large (de 0,1 à 1 MW) ; c'est également le type de projet le plus efficace, au sens du plus petit écart entre effets attendus et effets observés.
- Les projets hors réseau 100% carbonés sont le plus souvent observés en Afrique, où ils constituent la

réponse privilégiée au renfort d'urgence des capacités ; ce sont également les projets les moins efficaces.

- Les grands programmes portés par des organisations internationales se sont spécialisés soit sur des pico-installations (1 à 5 kW), soit sur les petits réseaux (1 à 10 MW), principalement en Afrique.
- Les projets de co-génération (5kW à 1 MW), sont réalisés localement car ils sont contraints par la perte de rentabilité économique qui résulterait du transport de la biomasse.
- Enfin les projets défectueux se caractérisent par une faible spécialisation technologique ou la promotion des bio-carburants, sans qu'il soit possible d'établir une relation de cause à effet à ce stade. De 1 à 10MW, ils sont concentrés en Afrique, où ils ont été décidés à l'échelon national et réalisés au niveau local.

Pour aller plus loin dans l'identification des bonnes pratiques, et notamment aider à concevoir des projets d'électrification décentralisée adaptés aux effets recherchés, il faut avoir une connaissance plus précise des caractéristiques et des impacts des projets réalisés. L'effort à fournir pour mesurer rigoureusement les dividendes de l'électrification demeure immense. Cela n'est pas très surprenant eu égard à l'histoire du développement de l'électricité : l'électrification n'était pas un objectif identifié jusqu'aux ODD de 2015. *Le financement de l'électrification, épine dorsale du développement industriel, semblait aller de soi pour les financeurs, une évidence dont ont résulté une faible culture de l'évaluation des projets et des dimensionnements technologiques découplés des besoins économiques et des attentes des populations concernées.*

Passer de l'évidence à la preuve nécessite de passer de l'expression des effets attendus des projets à la mesure quantifiée et qualifiée de leurs impacts. Collecter les données de terrain à partir de relevés répétés est un prérequis indispensable à une meilleure connaissance des dividendes de l'électrification décentralisée. L'effort d'évaluation des impacts socio-économiques des projets d'électrification décentralisée doit aussi porter sur la priorisation des effets à mesurer, le recours systématique aux méthodes économétriques d'évaluation qui seules permettent l'éventuelle qualification d'un effet en impact, et le choix des méthodes statistiques pertinentes en termes de ratio coût/discernement.

Le projet CoSMMA vise à mobiliser cet effort en devenant une plateforme collaborative d'échange en continu de données et d'expertises, et un lieu de convergence des bonnes pratiques en matière de projets d'électrification décentralisée. La CoSMMA facilitera le passage à l'échelle des projets efficaces, indispensable pour que la révolution en devenir de l'électrification décentralisée devienne une réalité. Après la phase pilote présentée ici, la prochaine étape visera à élargir la gamme des caractéristiques de projets collectées, en s'appuyant sur une sélection qualifiée par les experts du domaine, et à mobiliser les acteurs de terrain pour l'enrichissement des impacts enregistrés. ✨