
Summary

Since the early stages of the deployment of electric networks in the 1880s, electricity has become an essential resource, for all those who have access to it. Today, its usage goes from lighting spaces to driving cars whilst heating up our meals. The liberalised market paradigm, adopted in the 1990s, has clearly been successful in improving the system-level economic efficiency and security of supply by introduction of new generation capacity and the deployment of cross-border exchanges. Nevertheless, the efficiency of liberalised markets remains to be proven for residential consumers as the barriers to enter the market and the market power imbalance among stakeholders may not benefit them. In the current power systems framework, Renewable Energy Communities emerge as a way to foster awareness and give more control to end-users on their electricity bill. By gathering and mutualizing resources at the local level, consumers may reduce their dependence on their traditional electricity supplier. By participating to these communities, citizens have the opportunity to be actively involved in the energy transition by investing in renewable generation while retrieving economic, social and environmental advantages.

While renewable energy communities empower users, efficiently managing them and taking relevant decisions on both the short and long-terms remain challenges for non-specialists individuals who engage in the project. In this context, the main objective of this thesis is to provide optimisation tools that guide stakeholders (e.g., community members, community managers, system operators) involved in sharing activities in their decision-making. These tools cover the whole horizon of community operation, from long-term investment planning, for optimal sizing of Distributed Energy Resources and exchange pricing definition, to short-term coordinated demand-side scheduling, to mobilize flexibility and improve the efficiency of local exchanges. The performances of the models developed are always analysed from two perspectives: the collective benefits and the individual rewards that ensure member engagement. Furthermore, particular attention was paid, all along the thesis, to the understanding and faithful integration of the Walloon (Belgium) regulatory framework in the models. Finally, the last part of the thesis initiates reflections on the appropriate representation of human behaviors in decision-making tools that involve interactions between multiple actors.

Résumé

Depuis l'avènement de l'électricité dans les années 1880, celle-ci est devenue une ressource essentielle au quotidien. Aujourd'hui, on l'utilise pour s'éclairer, faire rouler les voitures, ou encore pour cuisiner. La libéralisation des marchés de l'électricité, à partir des années 1990, a permis d'améliorer l'efficacité économique et la sécurité d'approvisionnement de nos systèmes grâce à de nouvelles capacités de production et au déploiement d'échanges transfrontaliers. Néanmoins, les bienfaits de ces marchés pour les consommateurs résidentiels restent à prouver. Les conditions de participation à ces marchés et le déséquilibre de pouvoir entre les acteurs ne leur sont pas favorables. C'est dans ce système que les Communautés d'Energie Renouvelable apparaissent comme un moyen de sensibiliser les consommateurs et de leur donner plus de contrôle sur leur facture d'électricité. En se rassemblant et en mutualisant leurs ressources localement, ces consommateurs peuvent réduire leur dépendance vis-à-vis du fournisseur d'électricité. En participant à une communauté, les citoyens ont la possibilité de devenir des acteurs majeurs de la transition énergétique en investissant dans les énergies renouvelables tout en bénéficiant d'avantages économiques, sociaux et environnementaux.

Si les Communautés d'Energie Renouvelable visent à rendre les consommateurs plus autonomes, gérer efficacement ces entités et prendre les meilleures décisions à court et à long terme restent des défis pour les personnes non spécialistes. Dans ce contexte, l'objectif principal de cette thèse est de fournir des outils d'optimisation qui guident les parties prenantes des communautés (ex., membres, gestionnaires) dans leur prise de décision. Ces outils les accompagnent tout au long de la vie des communautés, depuis la planification des investissements, c'est-à-dire, le dimensionnement optimal des ressources énergétiques et la définition des prix d'échange, jusqu'à la coordination des appareils flexibles, afin d'améliorer l'efficacité des échanges locaux. Les performances des modèles sont toujours analysées sous deux angles: les avantages collectifs et les récompenses individuelles qui garantissent l'engagement des membres. En outre, tout au long de la thèse, une attention particulière a été accordée à l'intégration fidèle du cadre réglementaire Wallon (Belgique) dans les modèles. Enfin, la dernière partie de la thèse engage une réflexion sur la représentation appropriée des comportements humains dans les outils d'aide à la décision qui impliquent des interactions entre plusieurs acteurs.