

Élaboration de contrats de performance énergétique et environnementale dans le cadre d'offres de services énergétiques alternatives à la vente de pompe à chaleur en maison individuelle

Clémence Lagarde^{*1,2,3}, Romain Lhomer³, Baptiste Durand-Estebe³, Thomas Recht^{1,2}, Laurent Mora^{1,2}

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, I2M, UMR 5295, F-33400, Talence, France

² Arts et Metiers Institute of Technology, CNRS, Bordeaux INP, Hesam Université, I2M, UMR 5295, F-33400 Talence, France

³ NOBATEK/INEF4, 9 rue Jean-Paul Alaux, F-33100 Bordeaux, France

[*clemence.lagarde@u-bordeaux.fr](mailto:clemence.lagarde@u-bordeaux.fr)

Alors que les ressources énergétiques et les matières premières non renouvelables se raréfient, et que les impacts environnementaux liés à leur production et leur consommation sont mis en lumière, des modèles économiques émergent afin de réduire l'impact des activités économiques sur l'environnement. C'est le cas de l'économie de la fonctionnalité, qui vise à proposer des solutions intégrées de biens et de services basées sur la vente d'un usage ou d'une performance d'usage, plutôt que sur la vente de biens. Ce modèle permet d'améliorer l'efficacité des ressources, et d'évoluer d'une logique de moyens à une logique de résultats. Appliqué au secteur du bâtiment, il est une opportunité d'accélérer la transition énergétique des bâtiments, et de fiabiliser et garantir les performances énergétiques des ouvrages.

La thèse a pour but de développer des offres de services alternatives à la vente de pompes à chaleur en maison individuelle rénovée. Ces contrats couvrent l'installation, la mise à disposition, la maintenance, le suivi et la garantie des performances du système de chauffage au cours du temps, en contrepartie de mensualités. L'élaboration des contrats s'appuie sur une approche physique (usage de modèles physiques, utilisation d'analyse de sensibilité et d'incertitudes, *etc.*) pour maîtriser les risques de non atteinte des engagements, et pour satisfaire au mieux le besoin client pour un contexte spécifique (enveloppe, climat, *etc.*). Les verrous à lever portent sur (1) la définition d'offres répondant aux enjeux énergétiques et environnementaux, aux besoins de confort des usagers et à leur capacité financière mensuelle, (2) la création d'un modèle d'ajustement de la grandeur garantie au regard de facteurs variables comme la météo et les usages, (3) la mise en place d'un plan de mesure permettant de vérifier l'engagement en conditions réelles d'exploitation.

Une méthodologie pour l'élaboration de contrats de performance énergétique a été développée en s'appuyant sur l'analyse de la littérature. Les différentes étapes de la méthodologie consistent en l'analyse et la modélisation des besoins des usagers *via* un modèle physique et des scénarios stochastiques, la définition et la simulation de la grandeur garantie *via* des analyses de sensibilité et d'incertitudes, la construction et la validation des indicateurs de suivi du contrat *via* un modèle d'ajustement et un plan de mesure et de vérification. Plusieurs niveaux d'engagement sur la performance sont identifiés. Cette méthodologie est expérimentée sur une étude de cas. Le bâtiment étudié est une maison individuelle bordelaise récemment rénovée, équipée d'une pompe à chaleur air/eau et habitée par une famille de cinq personnes.