

Les centrales nucléaires sont-elles une option viable pour aider à décarboner les secteurs de la chaleur européens et français ? Une analyse technico-économique et prospective

Martin Leurent

La thèse étudie le rôle que les centrales nucléaires pourraient jouer dans la décarbonisation des secteurs du chauffage en Europe et en France. L'exploitation la plus courante des centrales nucléaires, la production d'électricité, implique le rejet dans l'environnement de la chaleur qui ne peut être convertie en électricité. Le transfert d'une partie de cette chaleur aux puits industriels ou aux systèmes de chauffage urbain à proximité réduirait la consommation de combustibles fossiles et les émissions de GES. La thèse fut menée au sein du Laboratoire de Génie Industriel (LGI) de CentraleSupélec, rattaché à l'école doctorale Interface de l'Université Paris-Saclay, en partenariat avec l'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (Itésé) du CEA Paris-Saclay.

La première partie évalue les coûts et les avantages des diverses solutions de chauffage faiblement émettrices de GES. Des systèmes utilisant principalement de la chaleur générée par une centrale nucléaire sont identifiés comme potentiellement compétitifs (i.e. en deçà du prix moyen payé par les usagers des réseaux de chaleur en Europe, 65 €/MWh_{th}). Au moins sept des quinze projets théoriques envisagés en Europe pourraient s'avérer globalement bons pour la société. Ils représentent un bon compromis entre les divers critères socioéconomiques qui influent sur les processus décisionnels, tels que le coût, les émissions de GES et de polluants atmosphériques, l'aménagement du territoire, l'autosuffisance énergétique ou la stabilité des prix. L'incertitude est cependant importante, notamment en ce qui concerne les coûts de transport et de distribution.

La deuxième partie analyse les interactions multipartites dans des projets concrets. Les défis à la mise en œuvre concrète sont élevés, découlant des dimensions sociales, politiques, institutionnelles, financières et psychologiques.

Si les centrales nucléaires sont prévues sur un site présentant un potentiel économique d'approvisionnement en chaleur (par exemple, Gravelines, Le Bugey, Loviisa, Oldbury), elles devraient être construites « prêtes à la cogénération ». Cela peut être réalisé pour un faible coût supplémentaire et garantirait que les centrales soient prêtes pour une transformation complète en mode cogénération si les conditions de marché, institutionnelles et sociopolitiques se remplissent ultérieurement. Parallèlement, le développement des réseaux de chauffage urbain et la co-implantation de diverses usines dans des zones contingentes devraient être fortement soutenus par tous les canaux, en particulier locaux.

La troisième partie examine le cas français en détail par des approches prospectives à plusieurs niveaux. Les systèmes de chauffage à base de centrales nucléaires pourraient être mis en œuvre progressivement entre 2020 et 2050 sans compromettre le développement de sources de chaleur et d'électricité renouvelables, ou d'autres sources de chaleur excédentaires. Vers

2050, l'offre de chaleur des centrales nucléaires françaises aux systèmes de chauffage urbain et aux éco-parcs industriels pourrait atteindre 20-180 /a (10-60 TWh_{th}/a et 10-120 TWh_{th}/a, respectivement), soit une réduction de 2-18 % des émissions françaises totales de GES par rapport aux niveaux de 2014 (0,5-4 % et 3,5-14 %, respectivement). De tels systèmes sont cependant

à peine mentionnés dans les scénarios énergétiques internationaux et nationaux. Sans une forte implication des autorités publiques européennes, nationales et locales, il sera difficile de trouver des fenêtres d'opportunité pour expérimenter de tels systèmes en France.

Laboratoire d'accueil : Équipe « Sustainable Economy » du Laboratoire de Génie Industriel (LGI) de CentraleSupélec, rattaché à l'école doctorale INTERFACES de l'Université Paris-Saclay.



L'école doctorale INTERFACES (Approches interdisciplinaires : fondements, applications et innovations) rassemble des équipes dont les sujets de recherche se caractérisent par un positionnement principalement au croisement de plusieurs disciplines : la physique, la chimie, la biologie, mais également les mathématiques appliquées ou l'informatique. Le Laboratoire de Génie Industriel (LGI) se donne comme défi scientifique de « maîtriser la conception et le management des systèmes complexes ». Au sein du LGI, l'équipe « Sustainable Economy » travaille sur les sujets de développement durable et transition énergétique.

Plus d'informations sur : <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr/formation/doctorat/interfaces#l-ecole-doctorale>

Soutenance de la thèse : La thèse a été soutenue le 21 septembre 2018 à l'École CentraleSupélec devant le jury composé de : Nadia Maïzi, professeur des universités, Mines ParisTech (Centre de Mathématiques Appliquées), rapporteure ; Harri Tuomisto, Senior Nuclear Safety Officer, Fortum, rapporteur ; Yves Bréchet, Haut-Commissaire à l'Énergie Atomique, président du jury ; Jean-Guy Devezeaux de Lavergne, ingénieur chercheur, Docteur d'État, CEA (Institut de technico-économie des systèmes énergétiques), examinateur ; Jan Horst Keppler, professeur des universités, Université Paris-Dauphine (Centre de Géopolitique de l'Énergie et des Matières Premières), examinateur ; Henri Safa, ingénieur chercheur, Docteur d'État, I2EN, examinateur ; Pascal Da Costa, Maître de Conférences HDR, CentraleSupélec (Laboratoire de Génie Industriel), directeur de thèse ; Jean-Claude Bocquet, professeur émérite, CentraleSupélec (Laboratoire de Génie Industriel), co-directeur de thèse.

Un résumé de la thèse est disponible sur : <http://www.theses.fr/2018SACL065>

Et après la thèse ? Martin Leurent travaille depuis début octobre 2018 au sein du Centre d'expertise en modélisation économique (CEEME) d'ENGIE, l'idée étant qu'il devienne le référent sur les questions de régulation des marchés de l'énergie en France. Il apporte un soutien aux différentes directions opérationnelles du groupe, en particulier la direction de la régulation qui est confrontée à de nombreuses questions d'ordre technico-économique. Étant fortement attaché à la transmission des connaissances, il souhaite par ailleurs garder un pied dans le monde académique ainsi que dans l'enseignement.