

## **Offre de thèse CIFRE :**

### ***Méthodologie d'évaluation des scénarios 'micro-grid' de transition énergétique des sites industriels d'intérêt public***

#### ✓ Contexte

#### **Comment modéliser et comparer entre eux des scénarios complexes de transition énergétique à l'échelle micro-grid ?**

Dans un contexte de transition énergétique, les sites industriels d'intérêt public (station d'épuration des eaux usées (STEP), dépôts de bus, ports de commerce...) font face aux défis de l'électricité comme nouveau vecteur énergétique, de l'augmentation des coûts de l'énergie et des risques de coupures (aléas climatiques, intermittence ENR, événement géopolitiques). Une question essentielle qui se pose est donc de savoir comment rendre plus robuste et plus autonome leur consommation énergétique, tout en limitant les impacts, qu'ils soient financiers, humains ou environnementaux ?

Une première approche serait de déléguer intégralement cette responsabilité aux gestionnaires des réseaux publics d'électricité. Cependant, ces sites qui représentent une part importante du foncier et bâti publics, nécessitent des raccordements de forte puissance pour leur transition et peuvent être un gisement important de flexibilité. Ainsi, les composantes de pilotage, production et stockage de l'énergie sont naturelles et leur complémentarité mène à une réflexion sur l'apport des solutions micro-grid (ou micro-réseau) pour la transition énergétique de ces sites.

Plusieurs scénarios sont possibles pour faire cette transition énergétique avec une approche micro-grid (ou micro-réseau). Comment dimensionner ce micro-réseau électrique intelligent ? Quelle production locale d'énergie renouvelable (panneaux photovoltaïques par exemple) pour approvisionner le/les sites en électricité ? Quelle capacité de stockage ? Comment exploiter les opportunités environnantes de ces sites (gisements, raccordements...) ?

La modélisation de plusieurs scénarios de transition énergétique est donc nécessaire pour comparer les différentes stratégies possibles et prendre la meilleure décision avant d'engager des dépenses publiques (ex : conversion d'une flotte de bus vers l'électrique, installation de panneaux photovoltaïques, de stockage énergétique, ...)

#### ✓ Objectifs de la thèse

La thèse a pour objectif de proposer une méthodologie d'aide à la décision pour engager une transition énergétique des sites industriels choisis, sous forme d'analyse multicritères à définir (économiques, environnementaux, interaction avec l'écosystème ...).

Cette méthodologie permettra notamment de répondre aux questions suivantes :

Comment construire un ensemble de scénarios pertinents ? Quels sont les indicateurs à prendre en compte pour leur caractérisation ? Comment s'assurer de leur robustesse dans le processus de décision ? Quelle est leur sensibilité aux incertitudes de leur déterminants ? Comment les intégrer à une aide à la décision ? ...

1/ Les objectifs scientifiques sont relatifs aux différentes composantes de la méthodologie.

- Modélisation des systèmes et des sites dans leur environnement :

Différentes solutions de modélisation seront explorées de sorte qu'elles permettent une représentation suffisamment fine de la complexité à traiter. Les modèles développés seront utilisés

pour construire les indicateurs pertinents de caractérisations des scénarios de transition. Ils devront afficher une performance numérique (temps de calcul) compatible avec un processus itératif. Plusieurs voies pourront-êtré explorées (modélisation déterministe, stochastique, hybride) pour un objectif de dimensionnement intégrant le pilotage.

- Construction d'indicateurs et définition des scénarios :

En nombre réduit mais reflétant l'aspect multicritères de la problématique, les indicateurs utilisés dans l'évaluation des scénarios devront agréger la complexité évoquée précédemment, tout en restant sensibles aux incertitudes des données d'entrées utilisées dans les modèles. Cela permettra d'assurer leur robustesse. Ces indicateurs seront ensuite utilisés pour définir les différents scénarios à étudier.

- Aide à la décision :

Le processus de décision repose sur une diversité d'informations et doit-êtré le reflet de différentes priorités opérationnelles. Plusieurs méthodes (optimisation, aide à la décision multicritère, règles métiers ...) pourront-êtré explorées pour établir ce processus d'aide à la décision. Ces méthodes pourront éventuellement êtré combinées entre elles. A l'image des indicateurs dont elles s'alimenteront, ces solutions devront également refléter l'impact des incertitudes des données d'entrées utilisées dans les modèles. Il sera également crucial de modéliser finement les préférences et priorités des différentes parties prenantes impliquées, afin que la recommandation proposée soit acceptée et puisse êtré argumentée.

- Analyse d'incertitude et de sensibilité – Robustesse

Au-delà de la définition des scénarios de transition, la méthodologie se doit d'êtré robuste et sensible aux données utilisées et hypothèses faites. Les précautions prises dans les étapes précédentes permettront cette sensibilité pour une qualification des incertitudes dans la définition des scénarios et une exploitation de la méthodologie éclairée dans le pilotage des indicateurs.

2/ L'objectif opérationnel est de comparer les performances, les conditions de mises en œuvre, la robustesse et le niveau d'information (à la fois nécessaire et que l'on peut extraire) de différents scénarios de transition énergétique de sites industriels d'intérêt public. Le choix du (des) site(s) est à réaliser de manière argumentée parmi 3 cas envisagés à ce jour : station d'épuration des eaux usées (STEP), dépôts de bus, port de commerce).

Le(s) cas d'étude(s) retenu (s) sera(ont) le reflet des aspects suivants :

- Diversité dans les procédés et les technologies de production, stockage
- Enjeux de pilotage et de flexibilité énergétique
- Possibilité de qualifier les besoins des sites (=critères) en termes de : robustesse, économie financière, proximité des ressources, disponibilité des compétences, ...
- Opportunité d'originalité liée aux éléments de contexte et environnement du site (météo, écosystème local, gisements locaux et échanges avec l'extérieur ...), stratégie politique locale
- Périmètre d'étude caractéristique de l'échelle micro-grid

La comparaison des stratégies de transition énergétique s'appuiera sur l'analyse et la modélisation des solutions technologiques (production, stockage, pilotage, échanges avec nouveaux réseaux tels que V2G), de leurs performances, de leurs coûts d'investissement et d'exploitation, de leurs impacts et de leurs dépendances ?

L'ambition du travail étant de proposer une analyse multicritère en amont de la transition énergétique,

elle doit pouvoir être réalisée dans un temps court, pour ne pas décaler dans le temps l'action nécessaire de transition. Ainsi, la modélisation doit identifier le niveau de précision pour chaque typologie de site, tant en termes de qualité/quantité de données qu'en terme de choix de modèle existant de chaque sous-système (consommateurs, producteurs, échanges, stockages, ...).

✓ **Candidat :**

Pour mener à bien les travaux, le/la candidat(e) devra faire preuve de curiosité, d'initiative, de méthodologie, être force de proposition et démontrer une capacité de travail en équipe.

Le/la candidat(e) s'appuiera sur les compétences clés suivantes : énergie (électricité), smart grids (réseaux intelligents). Des compétences complémentaires en informatique (optimisation, recherche opérationnelle, modélisation, algorithmique) seront attendues. Une expérience d'application aux systèmes énergétiques (technologies énergétiques) serait un plus. Il/elle devra savoir appréhender l'aspect interdisciplinaire du sujet et analyser la gouvernance locale et le jeu d'acteurs publics/privés.

Le plan de travail sera co-construit avec le candidat, le laboratoire de l'IMT et l'entreprise SCE.

✓ **Contact :**

Bruno Lacarrière, IMT Atlantique Nantes, Département Systèmes Energétiques et Environnement, GEPEA UMR 6144

[bruno.lacarriere@imt-atlantique.fr](mailto:bruno.lacarriere@imt-atlantique.fr)

Patrick Meyer, IMT Atlantique Brest, Département Data Science, Lab-STICC UMR 6285, équipe DECIDE

[patrick.meyer@imt-atlantique.fr](mailto:patrick.meyer@imt-atlantique.fr)

Charly Dedôme, SCE (groupe KERAN), Responsable du domaine Systèmes énergétiques, territoires et transports intelligents (SETTI).

[charly.dedome@sce.fr](mailto:charly.dedome@sce.fr)

Caroline Chassagne, SCE (groupe KERAN), Chargée de mission innovation et R&D pour l'activité Infrastructures Mobilités Systèmes.

[caroline.chassagne@sce.fr](mailto:caroline.chassagne@sce.fr)

✓ **Candidature :**

CV et Lettre de motivation à envoyer par mail

[caroline.chassagne@sce.fr](mailto:caroline.chassagne@sce.fr) ; [charly.dedome@sce.fr](mailto:charly.dedome@sce.fr)

✓ **Date limite de candidature :**

30 avril 2024

✓ **Date de démarrage envisagée :**

Oct-Nov 2024

✓ **Lieu :**

Nantes