



# Projet

## Technologie des systèmes énergétiques décentralisés



## Planification combinée d'énergies renouvelables

Pour bien planifier des installations décentralisées d'approvisionnement en énergie, il est indispensable de tenir compte des futures évolutions techniques en plus de la situation existante. Jusqu'à présent, il n'existait cependant aucune méthode communément admise à cet effet. Aussi, des chercheuses et chercheurs de l'EPF (École polytechnique fédérale) de Zurich viennent d'étudier l'avenir des technologies renouvelables et ont développé sur cette base une méthodologie de planification et de mise en œuvre correspondante.



Les sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie solaire ou éolienne, ne cessent de gagner en importance. Afin d'en tirer le maximum, l'interaction entre centrales électriques et dispositifs de stockage doit pouvoir être planifiée sur le long terme. *Source : DiyanaDimitrova/iStock*





## En un coup d'œil

- À l'avenir, les énergies renouvelables pourraient être exploitées de manière optimale dans le cadre de systèmes appelés « hubs multi-énergies ». Il s'agit de systèmes décentralisés réunissant différents vecteurs d'énergie (électricité, chaleur, gaz) par l'intermédiaire de petites centrales électriques et accumulateurs d'énergie.
- Afin de planifier l'interaction entre les différentes technologies, les futures évolutions techniques ainsi que les incertitudes associées doivent être incluses dans les prévisions de la façon la plus précise et la plus efficace possible.
- Des techniciennes et techniciens en procédés de l'EPF de Zurich ont développé des modèles informatiques permettant de représenter les technologies utilisées aujourd'hui et à l'avenir. À l'aide de ces modèles, il est possible de planifier en détail les hubs multi-énergies et d'en simuler le fonctionnement.



En complément de quelques grosses centrales électriques, les systèmes dits de « hub multi-énergies » pourraient fournir à l'avenir une part considérable de notre énergie. Il s'agit de systèmes associant de petites centrales électriques et de dispositifs de stockage. Des installations solaires, des éoliennes, des pompes à chaleur, des batteries, des accumulateurs de chaleur ou des installations power-to-gas (conversion d'électricité en gaz) peuvent ainsi être interconnectés et leur exploitation peut être coordonnée. L'objectif est d'exploiter les sources d'énergie renouvelables de manière optimale et de réduire ainsi les émissions de CO<sub>2</sub>. Jusqu'à présent, il était toutefois difficile de mettre en place de tels systèmes multi-énergies, ou même simplement de les planifier, car il n'existait pour ce faire que des méthodes extrêmement simplifiées et donc imprécises.

Cela s'explique : « pour bien planifier les installations, les évolutions futures doivent être prises en compte aussi rigoureusement que possible », précise Marco Mazzotti, professeur en génie des procédés à l'EPF de Zurich. Or, les pronostics en la matière impliquent de nombreuses incertitudes : Comment vont évoluer les conditions météorologiques et, en conséquence, les rendements énergétiques des installations solaires et éoliennes ? Quelle sera l'évolution des performances des installations techniques ? Comment évolueront les prix de l'énergie et la demande d'électricité renouvelable, qui influencent à leur tour les coûts d'acquisition et d'exploitation des systèmes ? Une méthode de conception de systèmes multi-énergies doit répondre à toutes ces questions avec le plus de réalisme possible. En collaboration avec son équipe de recherche, Marco Mazzotti a développé une telle méthode. Celle-ci permet de représenter des systèmes multi-énergies et d'en simuler le fonctionnement, et ce en prenant en compte les évolutions futures, susceptibles de les influencer.

Dans cette optique, les chercheuses et chercheurs ont décrit de tels systèmes sous forme de modèles informatiques. Dans le cadre du présent sous-projet, ils se sont tout d'abord attelés aux caractéristiques techniques des systèmes : ils ont élaboré des modèles thermoélectriques de toutes les installations susceptibles d'être intégrées dans un hub. Ces modèles permettent de reproduire le comportement des installations, telles que les modules photovoltaïques ou les pompes à chaleur. Les chercheuses et chercheurs ont ensuite intégré différents paramètres prévisionnels, comme des données météorologiques ou des évolutions de prix. Ceux-ci sont nécessaires pour simuler le fonctionnement et les coûts des installations.



## Un niveau de détail supérieur n'est pas nécessairement un avantage

Dans un premier temps, des modèles très complexes et détaillés ont ainsi vu le jour pour les différents systèmes énergétiques. En raison de la complexité des calculs à réaliser à l'aide de ces modèles informatiques, les techniciennes et techniciens en procédés de l'EPF ont cependant dû réduire le degré de détail initialement prévu. Ils ont finalement opté pour des valeurs approchantes, basées toutefois sur les modèles détaillés. « Nous avons cherché un équilibre entre le degré de détail des modèles et l'incertitude liée aux prévisions », explique Marco Mazzotti. En effet, plus un modèle est riche en détails, plus il est représentatif de la réalité, mais plus il exige aussi de puissance de calcul. En outre, plus un modèle intègre de paramètres prévisionnels, plus il comportera d'incertitudes à long terme, de sorte qu'un niveau de détail plus élevé peut même entraîner des écarts plus importants à l'échelle de la durée de vie d'une installation.

Les chercheuses et chercheurs ont pu déterminer le niveau de détail approprié en comparant leurs modèles avec des données expérimentales issues de publications scientifiques ou d'installations disponibles dans le commerce. Ils ont ainsi créé des modèles simplifiés pour les centrales solaires, éoliennes et hydrauliques. Des modèles plus complexes étaient en revanche nécessaires pour décrire d'autres systèmes énergétiques, comme les systèmes power-to-gas et les centrales de cogénération.

## Convertir le courant en gaz et l'utiliser pour le chauffage

Les systèmes power-to-gas, qui transforment l'énergie électrique en gaz, pourraient devenir à l'avenir un composant essentiel des hubs multi-énergies. Grâce à la possibilité de le stocker à long terme, le gaz peut être utilisé ultérieurement, par exemple à des fins de chauffage. En ce sens, de tels systèmes font figure de possibilité prometteuse pour compenser les variations saisonnières liées à la production d'énergie renouvelable.

Les centrales de cogénération en revanche servent principalement à tirer le maximum des centrales thermiques classiques : en plus de l'électricité produite, elles permettent d'exploiter la chaleur dissipée. L'équipe de Marco Mazzotti a modélisé la micro-variante de telles installations dans le cadre de sa méthode : des centrales thermiques à gaz comme fournisseur d'électricité et de chauffage pour des maisons individuelles. Outre du gaz naturel, il est également possible d'y brûler du biogaz écologique issu de déchets et de matières premières renouvelables.



## Au-delà de la technologie

Dans le cadre de deux sous-projets distincts, les chercheuses et chercheurs de l'EPF ont également simulé le fonctionnement et la commande de hubs multi-énergies, ainsi que leur rentabilité, aujourd'hui et à l'avenir. Ils ont ensuite intégré ces aspects à leurs modèles informatiques.

Selon l'équipe de recherche, les modèles résultant de leur travail constituent la première méthodologie permettant de planifier la conception optimale de hubs multi-énergies pour des quartiers très variés. Cette méthode permet également de déterminer la meilleure manière d'intégrer les différentes installations dans une infrastructure énergétique existante et le niveau de charge auquel elles interagissent le mieux.

Jusqu'à présent, les chercheuses et chercheurs ont testé leur méthode via deux études de cas, l'une dans le village de Zerne, dans la région suisse de l'Engadine, et l'autre dans le quartier zurichois d'Altstetten. Dans chacun de ces cas, ils ont respectivement planifié un hub multi-énergies et en ont analysé l'impact. Résultat : sur les deux sites, les émissions de CO2 diminueraient sensiblement et, à Zerne, elles passeraient même sous la limite fixée par la Stratégie énergétique 2050.

Les techniciens en procédés veulent à présent appliquer leur méthode à d'autres quartiers. Un projet est déjà en discussion pour le campus Höggerberg de l'EPF.



## Produkte aus diesem Projekt

- A MILP model for the design of multi-energy systems with long-term energy storage  
Date de publication: 11.10.19
- On the optimal design of membrane-based gas separation processes  
Date de publication: 11.10.19
- Modeling for optimal operation of PEM fuel cells and electrolyzers  
Date de publication: 11.10.19
- Optimal design of multi-energy systems with seasonal storage  
Date de publication: 11.10.19



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

## Team & Kontakt

### Prof. Marco Mazzotti

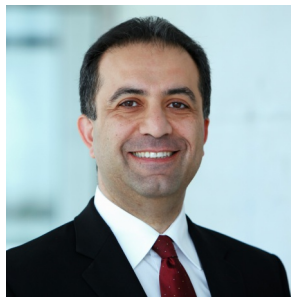
Department of Mechanical and Process Engineering  
EPF Zürich  
Sonneggstrasse 3  
8092 Zürich

+41 44 632 24 56

[marco.mazzotti@ipe.mavt.ethz.ch](mailto:marco.mazzotti@ipe.mavt.ethz.ch)



Marco Mazzotti  
Direction de projet



Rheza Abhari



Ndaona Chokani

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 10.05.2019.