



**APPEL A CANDIDATURE à MINES ParisTech  
(Ecole nationale supérieure des mines de Paris)**

*Le Centre de Mathématiques Appliquées recrute un(e) doctorant(e)*

**« PROSPECTIVE ENERGETIQUE PACA : Quelles transformations futures  
du territoire pour assurer une transition énergétique et  
d'économie circulaire ? »**

**LE LABORATOIRE D'ACCUEIL ET L'ENCADREMENT**

MINES ParisTech est une école formant des ingénieurs généralistes et des scientifiques de haut niveau. Chargée originellement de la formation des Ingénieurs civils des mines et des Corps techniques de l'État, l'École a développé depuis les années soixante des activités de recherche et d'enseignement de troisième cycle, en liaison avec l'industrie et des partenaires universitaires internationaux. En son sein, le Centre de Mathématiques Appliquées (CMA) est un laboratoire de recherche dont les activités de recherche et d'enseignement relèvent de l'Optimisation, de l'Aide à la décision et du Contrôle. Elles sont réalisées en étroite collaboration avec des partenaires industriels des domaines du climat, de l'économie, des marchés et de l'énergie.

Plus précisément, le CMA développe une démarche scientifique originale en déclinant ses compétences scientifiques fondamentales en modélisation, mathématiques du contrôle et de la décision et en informatique du temps réel afin d'aborder des systèmes de plus en plus complexes. Cette association de disciplines fondamentales permet d'envisager ces systèmes pour une déclinaison de thèmes qui reflètent de grands défis industriels et de grandes questions de société : enjeux liés au climat (technologies, carbone, énergie, eau, raréfaction des matériaux), sécurité de sites industriels sensibles, déploiement de systèmes de contrôle pour le spatial, étude de la maturité des marchés de l'électricité et du carbone, et des questions relatives au déploiement des systèmes électriques intégrant des technologies liées aux renouvelables et aux réseaux intelligents. Nadia Maïzi, directrice du centre, a co-créé en 2008 la Chaire Modélisation prospective au service du développement durable (en collaboration avec Jean Charles Hourcade du Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement et en partenariat avec l'ADEME, EDF, GRTgaz (depuis 2014), SCHNEIDER Electric, TOTAL (jusqu'en 2014), RENAULT (jusqu'en 2014) et le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (depuis 2015)) et coordonne les activités de prospective long-terme qui s'appuient sur les modèles d'optimisation technico-économiques Markal-France, TIMES-FR, TIMES-Réunion et TIAM-FR développés par le CMA dans le cadre du programme de l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) où le CMA représente la France.

Les deux scientifiques de référence qui encadreront le doctorant sont Nadia Maïzi, professeur, directrice du CMA et co-titulaire de la chaire modélisation prospective, et Sandrine Selosse, chargée de recherche au CMA. Nadia Maïzi est à l'origine de la définition des différents axes stratégiques du centre, son expertise s'étend des méthodes de calcul mathématiques en général, à la modélisation de processus de marché, et à l'analyse prospective appliquée à l'énergie. Sandrine Selosse est impliquée dans plusieurs projets de recherche et dans la Chaire Modélisation prospective au service du développement durable qu'elle anime, elle possède une solide connaissance des modèles appliqués à l'énergie et de leurs enjeux.

## **OBJECTIF GENERAL DU PROJET DE RECHERCHE**

L'objectif général de ce travail de thèse est de mener une analyse prospective du système énergétique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur à l'horizon 2050 à l'aide du modèle technico-économique d'optimisation dynamique long terme TIMES-PACA qu'il s'agira de développer dans le cadre de cette recherche. L'évolution potentielle du système énergétique régional PACA sera ainsi étudiée et discutée au moyen de l'analyse de divers scénarios intégrant les enjeux technologiques, environnementaux, urbains, de mobilité et d'économie circulaire, pour ne citer qu'eux. Ainsi, ce travail de thèse propose de développer un outil d'aide à la décision qui permettra d'apporter des réponses aux défis énergétiques de la région PACA et d'optimiser les potentiels d'emplois par l'identification des filières les plus pertinentes.

## **CONTEXTE GENERAL DU PROJET DE RECHERCHE**

Les problématiques d'épuisement des ressources et d'impacts environnementaux des systèmes énergétiques sont au cœur des enjeux actuels de société. Pour tenter d'y apporter des réponses, divers engagements sont pris à des échelles tant supranationales que nationales voire régionales. Pour la France, la clé de voûte en est l'objectif de division par 4 de ses émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 par rapport au niveau de 1990. Par extension, l'énergie fait une entrée remarquée dans la planification territoriale avec la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (TECV) d'août 2015 en exigeant la mise en place d'un Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) pour les collectivités de plus de 20 000 habitants. Dans ce contexte, la prospective, prise comme science du devenir, est essentielle parce qu'elle apporte aux décideurs des éléments qualitatifs et quantitatifs, afin de les éclairer dans leurs choix sur des horizons de temps aussi lointains. Partant d'un ensemble cohérent d'objectifs, de contraintes et d'hypothèses, elle peut éclairer certains impacts, à moyen et long terme, d'un choix de développement. L'augmentation significative de la contribution des énergies renouvelables fait partie des grands invariants anticipés à une échelle macroscopique. Comme archétype de la fragilité du réseau électrique (sa situation de péninsule électrique exacerbant la concurrence des secteurs du transport et du résidentiel pour leur accès à l'énergie électrique), et comme région à fort potentiel ENR, la région PACA est un territoire particulièrement pertinent pour l'analyse des conditions de transitions organisationnelles et énergétiques favorables à l'élaboration d'un territoire durable.

Ce projet de thèse vise à éclairer l'évolution du système énergétique régional PACA dans un contexte d'innovation technologique (intégration des énergies renouvelables intermittentes, solutions intelligentes, énergies marines, valorisation énergétique des déchets, etc.) afin, in fine, d'apporter une vision territoriale des enjeux de long terme de transition énergétique (et des impacts d'options et

politiques engagées (ou à engager) sur le terrain. En particulier, il s'agira de développer un modèle du système énergétique de la région PACA allant jusqu'à l'horizon 2050 permettant la définition de scénarios d'évolution dynamique des systèmes énergétiques locaux qui soient cohérents avec des contraintes à la fois économiques, environnementales, techniques, réglementaires, et enfin celles liées à l'acceptabilité sociale.

## **MODELISATION PROSPECTIVE DU SYSTEME ENERGETIQUE DE LA REGION PACA ET LES GRANDS ENJEUX ENERGETIQUES DU TERRITOIRE**

L'objectif de ce projet de thèse est ainsi de développer un modèle TIMES-PACA représentant le système énergétique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cet outil permettra de discuter quelles transformations futures du territoire régional, décliné suivant ses départements et ses zones d'habitats, pourraient permettre d'assurer une transition énergétique et d'économie circulaire dans les décennies à venir. Afin d'explorer et de discuter les trajectoires du paysage énergétique régional sur un horizon temporel allant jusque 2050, des scénarios ambitieux et pertinents seront élaborés considérant la réalité de terrain. En ce sens, le développement du modèle tout comme la conception des scénarios tiendra compte des disparités territoriales locales notamment en matière de zones rurales et urbaines, de littoral et d'arrière-pays, qui induisent des réponses contrastées pour réussir une transition énergétique. Un travail d'investigation sur le terrain régional sera par ailleurs nécessaire pour capter les orientations les plus pertinentes au vue de considérations économiques, réglementaires, sociales ou encore politiques, l'enjeu étant de porter le territoire PACA sur une trajectoire de développement durable permettant alors d'optimiser les potentiels d'emplois sous-jacents. Le développement de l'électricité décentralisée et l'autoconsommation, encouragée par les dernières modifications du cadre réglementaire et l'adoption par le Parlement début 2017 du projet de loi visant à développer l'autoconsommation d'électricité, seront un des enjeux à implémenter et à analyser. D'autres enjeux toucheront l'intégration sur le réseau d'électricité des énergies renouvelables intermittentes et non intermittentes, la valorisation énergétique des déchets, le développement des smart cities intégrant notamment les véhicules électriques, les potentiels de déploiement des énergies marines, etc. Il en résultera une analyse des principaux freins susceptibles d'entraver la mise en œuvre de ces différents scénarios ou au contraire les principaux leviers qui permettront de l'accélérer.

Le caractère novateur de ce travail de thèse s'appuie plus particulièrement sur un modèle d'optimisation pour la prospective décliné à l'échelle locale pour proposer une trajectoire optimale de transition énergétique avec par exemple concernant les parcs de production électriques, une intégration plus forte d'énergies renouvelables qui soit compatible avec les systèmes amont nationaux ou européens. Cette question conduira en la répartition géographique du parc de production optimal en sous zones géographiques (isolant par exemple des zones particulièrement sensibles telle PACA-est) sous contrainte d'équilibre offre demande (EOD) saisonnier et de la localisation des gisements d'énergies renouvelables. Un autre enjeu important pour les acteurs du secteur et pour la transition énergétique qui pourra être discuté réside dans l'intégration des cogénérations gaz au système énergétique (électricité comme chaleur). La filière apporte en effet une contribution pertinente à l'atteinte d'objectif climatique de réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'efficacité énergétique, de compétitivité des coûts de la chaleur, de développement des énergies renouvelables et, enjeu déterminant sur le territoire PACA, de sécurisation d'approvisionnement du système électrique. A ce niveau, l'analyse prospective des projets de développement des réseaux de biogaz, injecté dans

le réseau ou en autoconsommation, constituera une discussion également incontournable et posera le socle de la question de la valorisation énergétique des déchets. Cette dernière question portera quant à elle l'enjeu d'une transition vers une économie circulaire. Côté usages, besoins et demandes énergétiques (chaleur, mobilité, électricité) qui seront déterminés suivant les différents secteurs de consommation du système énergétique régional (bâtiments, transports, industrie, agriculture), les priorités apparaissent notamment au niveau de la réduction des consommations d'énergie et de l'identification des gisements de sobriété énergétique, comme évoqué précédemment. Ils s'expriment par exemple par la réduction des gaspillages au niveau des ménages (résidentiel), des entreprises (industrie, tertiaire) et du transport. La sobriété s'applique dans les transports (carburants), dans l'industrie (électricité et chaleur dans les processus et les locaux), dans les bâtiments publics et privés (chauffage, électricité spécifique), dans l'éclairage public. Ainsi, un autre apport de ce travail de thèse pourra consister en la considération des besoins privés et des besoins publics afin d'identifier les gisements de sobriété énergétique et d'élaborer des scénarios spécifiques. Les besoins énergétiques privés, publics et civils se distinguent en effet et impactent notamment les choix de déploiement des énergies de demain. Les réponses à apporter doivent être contrastées suivant ces réalités disparates.

### **PRE-REQUIS DU CANDIDAT**

Le candidat doit démontrer un fort intérêt dans le domaine de la recherche et avoir obtenu un niveau en Master (ou équivalent) en optimisation ou en économie mathématiques. Des connaissances dans le domaine des énergies et/ou en aménagement du territoire seraient appréciées mais ne sont pas déterminantes.

### **MODALITES DE DEPOT DES CANDIDATURES**

Le dossier de candidature comportera :

- Une lettre de motivation,
- Un CV détaillé.

Le dossier doit parvenir à l'adresse suivante : [sandrine.selosse@mines-paristech.fr](mailto:sandrine.selosse@mines-paristech.fr)

La date limite d'envoi des dossiers est fixée au 4 juin 2017