

les cahiers du Conseil d'orientation

Commission
« MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE ET ÉNERGIES RENOUVELABLES »

Réunion du 23 mars 2015

LES RÉSEAUX INTELLIGENTS AU SERVICE DU MIX ÉNERGÉTIQUE

Le conseil d'orientation de l'IRFEDD réunit un groupe d'acteurs sur la formation et l'économie verte en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ce document met en évidence l'avancée des travaux de ce groupe de travail.

Ce cahier constitue une prolongation des travaux du Conseil d'orientation issus de la réunion du 6 juillet 2012 sur le thème « production et maîtrise de l'énergie ». Ces travaux ont en effet identifié, parmi les secteurs énergétiques à fort potentiel de développement et d'emplois, les réseaux électriques intelligents comme « un secteur d'avenir, dans lequel PACA serait l'une des régions les plus engagées ».

CONTEXTE

1-5

LES ENJEUX EMPLOI FORMATION

6-10

ILLUSTRATION

11-13

POUR EN SAVOIR PLUS

14-15

Le contexte du développement des réseaux intelligents en Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) est présenté, lors de la réunion du 23 mars 2015, par François Contal, délégué territorial de Capenergies¹ dans les Alpes-Maritimes et le Var.

Perspectives de développement des énergies renouvelables et des réseaux intelligents

Le nouveau modèle énergétique qui s'amorce sera dominé par un mix alliant des sources et des formes d'énergie diverses et complémentaires. Au cœur de ce modèle, l'électricité d'origine renouvelable répondra à une grande partie des besoins énergétiques, y compris pour de nouveaux usages tels que la mobilité électrique. Cette évolution contribuera à favoriser l'accès de tous à des services énergétiques de base, améliorer l'indépendance énergétique des territoires et limiter les impacts de ce secteur sur l'environnement.

La mise en place de ce nouveau modèle énergétique est encouragée et facilitée par les évolutions technologiques. En particulier, **l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les réseaux de distribution électriques et gaziers devient indispensable pour gérer les flux complexes et variables qu'introduisent les nouveaux systèmes de production d'énergie.** En effet ces nouveaux systèmes de production sont parfois intermittents car soumis aux aléas climatiques, et en grande partie décentralisés car de petite taille et répartis sur l'ensemble du territoire : électricité d'origine renouvelable ainsi que gaz non conventionnels tels que le biométhane et l'hydrogène. Les réseaux dits « intelligents » - aussi appelés « smart grids » pour l'électricité et « smart pipes » pour le gaz - font appel à des nouvelles technologies d'observation, de contrôle et de communication, ainsi qu'à des produits et services innovants.

Ceci comprend la mise en place progressive des compteurs dits « intelligents » ou « communicants », qui répondent aux noms de Linky pour l'électricité et Gazpar pour le gaz. Grâce à l'utilisation de nouvelles technologies, ces compteurs sont capables de transmettre aux usagers comme aux fournisseurs des données sur les consommations des usagers. Ils permettent aux consommateurs de mieux maîtriser leurs consommations, de bénéficier de factures basées sur leurs consommations réelles et même d'avoir une facturation par tranche horaire et donc de choisir le meilleur tarif chez les différentes entreprises productrices. Aussi, la meilleure connaissance des quantités d'électricité et de gaz consommées permettra aux fournisseurs d'énergie d'optimiser la gestion des réseaux.

Un certain nombre de facteurs sociétaux, techniques, et réglementaires favorisent – ou, au contraire, freinent – le déploiement de ce nouveau modèle énergétique. Pour commencer, l'essor du **financement participatif** (ou crowdfunding) permet de pallier le manque d'adhésion des habitants (et des collectivités locales) dans les projets de parcs éoliens ou photovoltaïques, et, non des moindres, d'aider à la levée de fonds nécessaire au déploiement de ces projets. Conscients du capital de sympathie qu'apporte le financement participatif, des industriels tels que GDF Suez se lancent dans leurs propres plateformes de financement participatif dédiées aux projets d'énergies renouvelables ou d'efficacité énergétique.

¹ Capenergies est un pôle de compétitivité national, également labellisé PRIDES (pôle régional d'innovation et de développement économique solidaire), spécialisé dans la maîtrise de l'énergie et les énergies non génératrices de gaz à effet de serre. Créé à l'origine en régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse, le pôle Capenergies rassemble aujourd'hui 400 acteurs de l'industrie, de la recherche et de la formation des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse, Guadeloupe, Réunion et de la Principauté de Monaco.

Pour plus d'information : <http://www.capenergies.fr/>

Soulignons également l'importance de **réduire les pics de consommation d'électricité** pour assurer l'efficacité du système. Des actions de sensibilisation et d'accompagnement des citoyens vers des pratiques quotidiennes favorables à une meilleure maîtrise de l'énergie se mettent en place pour répondre à ce défi. Par exemple, le projet Ecowatt PACA² mené par RTE (gestionnaire du réseau de transport d'électricité) vise à mobiliser des particuliers et des entreprises volontaires pour réduire leur consommation d'électricité lors des pics et ainsi limiter les risques de coupures massives en période de grand froid.

Certaines **contraintes réglementaires** limitent le développement des énergies renouvelables, par exemple en soumettant l'installation de parcs de production à des permis de construire, études d'impacts ou enquêtes publiques et en interdisant certains équipements à proximité de radars ou d'aéroports, particulièrement nombreux dans en région PACA. On peut s'attendre à ce que les progrès technologiques, en réduisant l'impact visuel et surtout environnemental des systèmes de production d'énergie renouvelable, permettront d'alléger ces obligations.

Enfin, les tarifs d'achat actuels de l'électricité décentralisée limitent aujourd'hui fortement la rentabilité de ces systèmes (hors contrats conclu avec la Commission de régulation de l'énergie – CRE – dans le cadre d'appels d'offre). **L'autoproduction** constitue une alternative prometteuse pour contourner cette barrière d'ordre financier. Toutefois, les difficultés à mettre en adéquation les niveaux constamment variables de production et de consommation constituent un enjeu de taille au déploiement de l'autoproduction, l'électricité étant difficilement stockable à grande échelle. Une solution consisterait à pouvoir mutualiser l'électricité issue de différents producteurs ayant des besoins différés dans le temps.

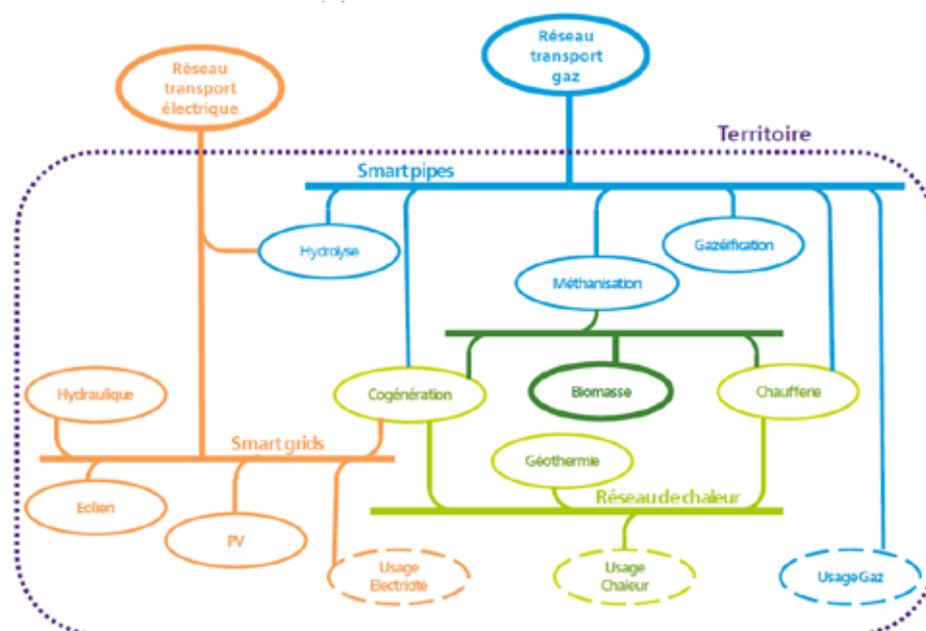
Une autre solution pour répondre à la problématique du **stockage de l'électricité** renouvelable excédentaire sur de longues périodes consiste à utiliser cette électricité pour produire de l'hydrogène par électrolyse. Les possibilités d'interactions entre smart pipes et smart grids permettent d'injecter dans le réseau de gaz l'hydrogène ainsi produit, mélangé avec du gaz naturel en faible proportion. La transformation de l'hydrogène en méthane de synthèse par réaction avec du dioxyde de carbone permettrait de stocker l'électricité d'origine renouvelable sans besoin de mélange avec le gaz naturel. Ces technologies prometteuses sont désignées sous le terme « power to gaz ».

Les interconnexions entre réseaux gaziers et électriques se concrétisent aussi à travers le soutien au réseau de distribution électrique par la production décentralisée des micro- et mini-cogénérations (production d'électricité et de chaleur dans la même centrale de très petite puissance), et grâce à des technologies telles que les pompes à chaleur hybride couplant pompe à chaleur électrique effaçable et chaudière à condensation pour permettre l'effacement électrique (réduction temporaire de la consommation électrique pour l'adapter aux variations de la production électrique par exemple). Au-delà, **de nombreuses interactions se développent grâce aux nouvelles technologies entre les différents réseaux nécessaires au bon fonctionnement des territoires**, comme illustrés dans le schéma ci-après. Grâce à l'introduction des TIC, les réseaux électriques, gaziers et thermiques peuvent donc être interconnectés, renforçant la souplesse du système énergétique. Les installations sont alors pilotées en fonction de l'état du système électrique et des prix de l'électricité et du gaz sur les marchés³.

² <<http://www.ecowatt-paca.fr/>>

³ GRDF, 2011. Réseau gaz intelligent « smart pipes » & interaction avec les infrastructures urbaines dont les « smart grids ». <http://www.assemblee-nationale.fr/13/cr-oecst/presentation_reseaux_gaz.pdf>

Des réseaux intelligents interconnectés au service des territoires⁴



Contexte législatif et réglementaire du développement des réseaux intelligents au niveau national

Le déploiement des réseaux électriques intelligents est une condition essentielle à la transition énergétique qu'appelle de ses vœux le gouvernement français. Le **projet de loi sur la transition énergétique et la croissance verte**, avec notamment son objectif de porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % en 2030, permettra de donner un grand coup d'accélérateur à ce déploiement.

Ce texte soutient en particulier le développement :

- **Des territoires à énergie positive** : l'article 1 du projet de loi mentionne un objectif d'équilibre entre consommation et production en favorisant l'efficacité énergétique mais aussi le déploiement des énergies renouvelables sur des territoires exemplaires.
- **De l'autoproduction / autoconsommation** : l'article 30 promeut la mise en place de modèles à tester d'installations destinées à consommer tout ou partie de leur production électrique.
- **De l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables** : l'article 54, en accord avec les Directives européennes, souligne le rôle du gestionnaire du réseau public dans la mise en œuvre d'actions d'efficacité énergétique et d'intégration des énergies renouvelables au réseau électrique.
- **Du service de flexibilité local** : l'article 58 autorise les collectivités locales à proposer au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité la réalisation d'un service de flexibilité local sur une portion du réseau, en vue d'optimiser localement la gestion des flux d'électricité entre un ensemble de producteurs et un ensemble de consommateurs raccordés au réseau.
- **Des expérimentations de smart grids** : l'article 59 projette le déploiement expérimental d'un ensemble cohérent de solutions relatives aux réseaux électriques intelligents (REI) dans des régions françaises qui seront sélectionnées y compris en fonction de l'environnement industriel et de la pertinence technique de l'expérimentation proposée.

⁴ Idem

Les réseaux énergétiques intelligents ont été identifiés par le Comité stratégique de filières éco-industries (COSEI – présidé par les ministres en charge du développement durable et de l'industrie), comme l'une des filières vertes liées aux travaux sur l'efficacité énergétique. Le potentiel de croissance, déjà constaté sur le marché mondial, fait que **les réseaux électriques intelligents font partie des 34 plans sectoriels de la « Nouvelle France industrielle »**.

La feuille de route comprend 10 actions qui, ensemble, visent à atteindre des **objectifs structurés et ambitieux en matière de déploiement des REI en France** :

- A court terme : fédérer et consolider la filière des REI, en particulier à travers la constitution d'un groupement d'acteurs de la filière en France (action 1), en assurer la promotion y compris à l'international (action 2) et la création d'une académie des REI pour bâtir une offre de formation adaptée aux enjeux de la filière (action 3) (voir partie « illustrations ») ;
- A moyen terme : passer de la démonstration à la réalisation à plus grande envergure en déployant un ensemble cohérent de solutions sur l'ensemble d'une région (action 6), en maximisant les retombées positives en termes de création d'emplois et de valeur pour la collectivité (action 5), et en équipant certains campus universitaires d'un réseau électrique intelligent expérimental et d'une plateforme d'innovation (action 7) ;
- A long terme : anticiper sur l'avenir à travers la définition d'une stratégie de recherche et développement pour la filière (action 9) et le renforcement de la normalisation des systèmes (action 8), l'organisation d'un concours d'idées pour l'émergence et le déploiement de solutions innovantes portées par des start-up (action 10) et la mise en place d'une structure pour accompagner les start-up (action 4).

Contexte du déploiement des réseaux intelligents en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Il est attendu que le déploiement des réseaux énergétiques intelligents apporte un coup d'accélérateur indispensable au développement des énergies renouvelables en Provence-Alpes-Côte d'Azur. **La région PACA se positionne parmi les régions les plus dynamiques de France en matière de recherche et démonstration sur les réseaux électriques intelligents**, tandis que la France est elle-même l'un des pays les plus avancés en la matière.

Les principaux éléments qui font de la région PACA un leader en matière de déploiement des REI sont les suivants :

- Le territoire abrite une forte densité de démonstrateurs techniques (reconnus par la CRE et souvent adossés à des projets de territoire), y compris le premier démonstrateur de France (projet PREMIO à Lambesc).
- La région PACA bénéficie d'une renommée internationale pour certains de ses démonstrateurs, en particulier le « Nice Grid ».
- C'est un territoire moteur grâce à l'implication des collectivités avec une visibilité internationale (cf. conférence « Innovative City », Nice, juin 2015).
- Il existe en PACA un vivier important de PME et de grands groupes innovants.
- Les gestionnaires de réseau ERDF et RTE sont particulièrement dynamiques quant à la problématique de la sécurisation durable de l'alimentation électrique de l'Est de la région.
- La région abrite de nombreux centres de recherche et plateformes technologiques, des écoles d'ingénieurs et instituts de formation supérieure et continue possédant une expertise reconnue sur cette thématique.

- Enfin, la région PACA est caractérisée par le dynamisme des acteurs de l'énergie et des TIC avec la présence des pôles de compétitivité Capenergies et SCS (Solutions communicantes sécurisées).

Ces atouts ont été pris en compte dans les différents schémas d'orientations stratégiques de la politique régionale. **La politique régionale en matière de transition énergétique définie dans le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) fixe objectifs très ambitieux** : une réduction des consommations de 15 % entre 2007 et 2030, un développement des énergies renouvelables pour viser 20 % du mix en 2020, 30 % en 2030 (pour 9 % en 2007), ainsi que la résolution de la problématique de sécurisation durable de l'alimentation électrique de l'Est de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

De plus, **la Stratégie Régionale d'Innovation (SRI), adoptée par le Conseil régional en octobre 2013, a clairement priorisé comme l'un des domaines de spécialisation de Provence-Alpes-Côte d'Azur la thématique de la gestion et de la sécurisation des réseaux électriques intelligents**, l'identifiant ainsi comme l'un des domaines à potentiel de création d'emplois par l'innovation. Cette priorité de la Stratégie Régionale d'Innovation coïncide avec le plan industriel national « Réseaux Electriques Intelligents ».

Pour répondre aux objectifs de la feuille de route nationale pour le développement des réseaux électriques intelligents, **un ambitieux projet régional de déploiement en PACA est en cours d'élaboration**. Cette feuille de route initiée par le Conseil régional PACA et Capenergies comprend 5 actions principales :

- Création d'un « campus intelligent » (intégrant un smart grid) à Sophia Antipolis/ Nice Méridia, qui servira de lieu d'étude, de recherche et d'expérimentation pour le bénéfice des autres campus de la région (voir partie « illustrations »)
- Déploiement d'un « cœur smart grids » à grande échelle avec mise en place de 150 000 premiers compteurs Linky sur Nice/Plaine du Var.
- Expérimentation de systèmes d'autoproduction en îlots urbains à Marseille permettant de réduire d'environ 30 % la facture électrique des habitants. Cette action sera complétée par la mise en place de systèmes de flexibilité sur le réseau local et de premiers compteurs Linky ainsi que d'incitations aux économies d'énergie dans des bâtiments d'habitat collectif existants et sur un îlot urbain en construction d'Euroméditerranée (quartier témoin Allar).
- Expérimentation de lissage de production photovoltaïque/éolien de grande puissance, de report d'énergie et de flexibilité locale dans les Alpes de Hautes-Provence grâce à :
 - des agrégats de stockage (batteries, volants d'inertie, air comprimé et micro-station de transfert d'énergie par pompage) installés à la Cité des Energies du CEA Cadarache.
 - l'usine hydroélectrique EDF de Sainte Croix du Verdon de forte puissance (140 MW dont 60 en pompe) pour compenser les variations de production photovoltaïque.
- Valorisation de « territoires à énergie positive pour la croissance verte » : établissement d'un concept de station de ski durable (aux Orres et à Isola 2000) dans le cadre d'un projet d'autoproduction pour alimenter les remontées mécaniques et les installations de production de neige de culture avec micro-station de transfert d'énergie par pompage.

Emploi et évolutions de compétences

La filière des réseaux électriques intelligents emploie actuellement environ 15 000 personnes en France, hors opérateurs de réseaux, universités et centres de recherche publics, pour un chiffre d'affaire estimé à 3 milliards d'euros, dont une bonne moitié réalisée à l'export. **L'objectif de la filière française, sur le périmètre des réseaux de distribution et de transport, est de représenter d'ici 2020 plus de 25 000 emplois directs en France** pour un chiffre d'affaire d'au moins 6 milliards d'euros. Cela représente 10 000 créations d'emplois en France, principalement dans les secteurs de l'ingénierie, de la conception et des services, en préservant par ailleurs des emplois de production sur le territoire¹.

La filière des REI a été identifiée par le CNFPTLV (Conseil national de la formation professionnelle tout au long de la vie) comme l'une des filières économiques les plus touchées par les évolutions de compétences relatives à la transition écologique en France. Selon les conclusions d'un rapport publié en 2015 par le CNFPTLV sur les priorités nationales de formation liées à la transition écologique, la filière est tout d'abord confrontée à des problèmes de flux de main d'œuvre : le secteur industriel électrique amont/aval accuserait en effet déjà un déficit de l'ordre de 50 000 personnes, alors même que les secteurs porteurs de croissance verte sont encore peu développés. Les explications avancées par la profession tiennent à la faible attractivité des métiers de la production industrielle et à un déficit de techniciens lié notamment à la poursuite des études (87 % des DUT et 50 % des BTS du domaine poursuivent leurs études), mais aussi à une faible promotion interne des premiers niveaux de qualification vers les niveaux intermédiaires².

Selon ce même rapport, le développement des REI ne suppose pas, à proprement parler, de nouveaux métiers. En revanche, tous les métiers de la filière industrielle sont concernés par les évolutions de compétences, en particulier dans les secteurs de l'énergie et des télécommunications. **Les compétences et connaissances à développer chez ces professionnels sont aussi bien d'ordre scientifique que technique, managérial, commercial, économique, réglementaire ou sociétal.** Des besoins accrus émergent en comptage, en automatisation (capteurs, effacement...), en connectique (qui entraîne une modification des dispositifs de maintenance) et en gestion « intelligente » des flux (intermittence, effacement des pics...).

Les services et activités les plus concernés par les évolutions de métiers sont **l'électrotechnique** (du technicien de base à l'ingénieur, de l'électricien au thermicien en passant par les électroniciens et instrumentistes) pour la transition énergétique proprement dite ; **l'hygiène, santé, sécurité, environnement** (facility managers, responsable HSSE) pour les sites industriels et tertiaires ; **la recherche et développement** (ingénieurs) pour l'écoconception de produits innovants. Le rapport du CNFPTLV souligne que **les services financiers et marketing** des entreprises concernées doivent aussi monter en compétences pour prendre en compte les nouvelles demandes de reporting, les nouveaux impacts financiers liés aux changements réglementaires, une nouvelle gestion des risques, ainsi que l'adaptation de la communication et de l'information sur les produits (ex : affichage énergétique, etc..).

¹ Dominique Maillard, 2013. *Réseaux électriques intelligents*. Feuille de route. La Nouvelle France industrielle. <<http://www.rte-france.com/uploads/media/images/alaune/FDRRoute.pdf>>

² Conseil national de la formation professionnelle tout au long de la vie, 2015. *Propositions de priorités nationales de formation liées à la transition écologique et recommandations pour les futurs CPRDFOP*. <http://pmb.cereq.fr/doc_num.php?explnum_id=2195>

Les évolutions de compétences sont tout aussi cruciales chez les installateurs d'équipements électriques et gaziers dans les bâtiments et chez les artisans du bâtiment. En effet ces métiers se situent à l'interface entre réseaux énergétiques et systèmes d'énergie renouvelable et d'économie d'énergie dans les bâtiments. L'introduction des TIC dans les réseaux et compteurs ouvre la voie à la commercialisation de nouveaux services. Par exemple, certains usagers pourront choisir de devenir « opérateurs d'effacement », c'est-à-dire qu'ils pourront vendre des certificats d'économie d'énergie aux fournisseurs d'électricité en contrepartie d'une réduction de leur consommation dans le but de lisser les pics de consommation. Les professionnels en lien avec les clients devront être formés à la commercialisation de ces services.

Les différentes compétences nécessaires à l'installation et à la maintenance de grandes centrales de production d'énergie peuvent être combinées à travers l'interaction entre différentes entreprises. Mais ces interactions inter-entreprises ne devraient pas faire oublier le besoin de favoriser la multicom pétence des professionnels eux-mêmes pour assurer le succès de l'ensemble des projets.

La question de la multidisciplinarité se pose surtout pour les artisans du bâtiment qui doivent souvent gérer de manière autonome l'installation et la maintenance de systèmes tels que les panneaux photovoltaïques installés sur les toits des résidences. Il s'avère crucial de faire monter en compétences ces professionnels pour favoriser le marché du photovoltaïque, sans quoi persisteront les problèmes de maintenance qui contribuent actuellement à bloquer l'envol du marché. L'intégration des réseaux intelligents ajoute à cela des besoins en compétences en automatisation et technologies de l'information et de la communication (TIC).

De gros besoins en compétences sont également à prévoir sur les technologies de stockage de l'électricité et de recharge de véhicules électriques. La France ayant fixé l'objectif d'atteindre deux millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables utilisés en 2020, le déploiement d'infrastructures de charge de véhicules électriques sur l'ensemble du territoire est une condition sine qua non du décollage des ventes de ces véhicules, supposant un essor de l'activité dans les domaines de la recherche et développement et de l'installation de nouvelles infrastructures.

Autre enjeu de taille avec l'intégration des TIC dans nos systèmes énergétiques, celui de la cyber-sécurité et de la protection des données. Enfin, le remplacement des compteurs par des systèmes communicants s'annonce comme une vaste opération qui posera la question du **recyclage des compteurs remplacés**. Le développement d'emplois et de compétences spécifiques en matière de collecte et recyclage de ces déchets seront donc nécessaires.

Pour résumer, les principaux nouveaux besoins en compétences identifiés au regard de la transition énergétique sont les suivants :

- Pour les électriciens : la domotique, la relation client ;
- Pour les artisans du bâtiment : l'installation et la maintenance des équipements énergies renouvelables ;
- Pour les techniciens des énergies renouvelables : les systèmes d'autoproduction / autoconsommation ;
- Pour les ingénieurs en recherche et développement : les technologies de stockage de l'électricité ;
- ...

Réponses à apporter en matière de formation

Les formations tant initiales que continues se doivent d'évoluer rapidement pour pouvoir répondre à ces nouveaux besoins en compétences, mais aussi pour susciter des vocations et encourager les évolutions de carrière vers ces filières d'avenir sans attendre le développement effectif de ces réseaux.

Certaines formations déjà existantes sont susceptibles de former des professionnels aptes à contribuer au déploiement des réseaux énergétiques intelligents. Ainsi, des formations en électrotechnique allient des disciplines liées à la fois à l'énergie, à l'informatique et à l'électronique. Pour autant, certains observateurs estiment que ces formations abordent ces différentes disciplines de manière encore trop cloisonnée et sont donc insuffisamment adaptées à la nécessité de former des professionnels véritablement multicom pétents.

Ces insuffisances sont symptomatiques de la difficulté à faire émerger les nouvelles filières qui répondent aux enjeux du développement durable en misant sur la complémentarité de différents métiers et disciplines. C'est ce que nous avons pu constater par exemple pour les filières intrinsèquement transdisciplinaires telles que celle de la chimie du végétal (qui allie agronomie et chimie) ou celle du nettoyage urbain (assainissement et recyclage).

Pour répondre aux enjeux posés par le développement des réseaux énergétiques intelligents, **certaines référentiels de formation ont été revus à plusieurs reprises** pour favoriser cette transdisciplinarité³ :

- intégration de la dimension efficacité énergétique aux formations dans le cadre de la rénovation des CAP, Bac pro et BTS de l'électrotechnique en 2010 ;
- collaboration avec le CNAM pour la création de quatre nouveaux diplômes d'Ingénieurs Systèmes électriques en 2012 ;
- rénovation du BTS FED (fluides énergies domotique), et du BTS Pilotage de procédé en 2013 ;
- lancement des travaux de rénovation des bacs pros ELEEC (électrotechnique, énergie, équipements communicants) et SEN (systèmes électroniques numériques), BTS CIRA (contrôle industriel et régulation automatique) en 2014.

Autre exemple d'adaptation, l'Ecole des Mines de Saint-Etienne intègre dans plusieurs formations des éléments relatifs aux technologies photovoltaïques, aux réseaux intelligents et à la cyber-sécurité.

Si le besoin était identifié, on pourrait envisager une licence professionnelle formant des techniciens supérieurs et assistants ingénieurs ayant à la fois des compétences dans le domaine des énergies renouvelables et des réseaux de terrain. Une telle licence permettrait d'apporter une formation pluridisciplinaire à des diplômés des DUT Génie électrique et informatique industrielle (GEII) et Génie thermique et énergie (GTE) (IUT d'Aix-Marseille), et des BTS Fluides énergies domotique (FED), Contrôle industriel et régulation automatique (CIRA), Electrotechnique...

Les niveaux ingénieur mais aussi technicien sont tout à fait propices à l'intégration d'éléments pluridisciplinaires dans les formations existantes. Mais au-delà de ces adaptations, **il conviendrait de créer une filière spécifique allant du niveau bac pro jusqu'au niveau ingénieur** qui associerait étroitement les concepts liés aux

³ Conseil national de la formation professionnelle tout au long de la vie, 2015. *Propositions de priorités nationales de formation liées à la transition écologique et recommandations pour les futurs CPRDFOP.* <http://pmb.cereq.fr/doc_num.php?explnum_id=2195>

technologies de l'électricité et de l'information et de la communication, sans oublier les compétences en relation client.

En outre, les acteurs de la formation abordant des domaines naissant comme celui des réseaux intelligents ne doivent pas se suffire d'adaptations ponctuelles de leurs formations, mais s'imposer une veille constante du marché pour suivre de près les évolutions très rapides des pratiques professionnelles, des technologiques et des réglementations. D'où une collaboration étroite nécessaire avec les experts et entreprises du secteur. Dans le cas des réseaux intelligents, cette difficulté est augmentée par la nature internationale du marché et par des standards internationaux encore attendus.

Les réseaux intelligents impliquent **une pluridisciplinarité qui s'appliquera particulièrement aux artisans du bâtiment, appelant à des formations de mise à niveau**. Ces formations pourraient se faire sur le modèle de ce qui a été proposé à travers le dispositif « FEE Bat » sur la rénovation énergétique des bâtiments. Des formations seront nécessaires à destination en particulier des installateurs et réparateurs de systèmes de production d'électricité renouvelable tels que les panneaux solaires, pour y intégrer des éléments relatifs aux TIC et à la relation client.

Il s'avère tout aussi important de former à la relation à l'utilisateur les professionnels qui seront chargés de l'installation des compteurs gaziers et électriques communicants ainsi que des équipements de domotique. Ceci pour s'assurer de la bonne information des usagers à l'utilisation de ces compteurs et de leur sensibilisation aux économies d'énergie. Les personnes âgées constituent une catégorie spécifique d'usagers à prendre en compte. Pour répondre à cet enjeu, des aides à domicile intervenant chez ce type de public sont formées à l'utilisation des équipements de domotique. Il conviendra d'en faire de même pour ce qui touche aux compteurs communicants.

Les grands acteurs de l'énergie tels que EDF, ErDF, GDF Suez, GrDF et RTE sont les premiers concernés par les évolutions technologiques du secteur et susceptibles de faciliter leur déploiement à grande échelle. Fortes de cette responsabilité, ces entreprises s'engagent dans la mise en place de formations partenariales pour favoriser les évolutions de compétences nécessaires et consolider la filière des réseaux intelligents. Ainsi, GrDF travaille en partenariat avec l'éducation nationale pour faire émerger une filière de formation par apprentissage de l'ensemble des métiers relatifs au secteur du gaz-énergie, qui puisse répondre en particulier à un besoin constaté en compétences en matière de réseaux de transport de gaz.

Les salariés des grands énergéticiens bénéficient de formations ad-hoc proposées par les organismes de formation internes à ces entreprises. Le problème pour ces entreprises se pose en revanche pour la formation de leurs sous-traitants. Or la formation des sous-traitants est cruciale pour garantir la disponibilité d'une main d'œuvre qualifiée et donc consolider la filière sur le territoire. L'une des craintes d'ErDF concerne par exemple le manque de sous-traitants qualifiés pour assurer le déploiement des compteurs communicants, d'où des besoins conséquents en formation.

Pour répondre à ces besoins de formation des sous-traitants des grands groupes industriels, des initiatives se sont mises en place en partenariat avec des organismes de formation et des pôles de compétitivité. A titre d'exemple Capénergies et l'IRFEDD ont développé une formation à destination des sous-traitants d'EDF Hydraulique

intervenant sur les chantiers de construction et de réparation des barrages. Cette formation vise notamment à la compréhension par les sous-traitants de leur rôle dans la chaîne de production hydraulique. La Société des Eaux de Marseille (SEM) est en demande du même type de formation à destination de ses sous-traitants, témoignant de l'intérêt de ce type d'initiative. Une formation sera mise en place en partenariat avec le pôle de compétitivité EAU.

Il serait utile d'**identifier les formations relatives aux réseaux intelligents qui sont mises en place dans les grands groupes industriels afin de les transposer à leurs sous-traitants** à travers un partenariat entre ces entreprises, les pôles de compétitivité et les organismes de formation.

Les formations à adapter ou à développer doivent résulter d'un travail partenarial entre les organismes de formation, les entreprises du secteur, y compris les PME qui doivent faire émerger leurs nouveaux besoins en compétences, et les centres de ressources qui disposent d'une expertise globale sur l'évolution de la filière. Il sera essentiel de consulter les nombreuses start-up positionnées sur ce marché quant à leurs besoins en compétences.

Dans le secteur de l'aéronautique, le projet Henri Fabre⁴ constitue un modèle de collaboration à échelle territoriale (agglomération Aix-Marseille) dont devrait s'inspirer le secteur énergétique pour favoriser les évolutions de formations initiales et continues nécessaires à son renouveau. Certaines des formations qui seront mises en œuvre au travers du projet Henri Fabre, par exemple en électrotechnique, pourront aussi être mises à profit pour le développement des REI.

Dans le secteur énergétique comme dans d'autres, les évolutions réglementaires constituent un facteur décisif pour pousser les professionnels du secteur à se former aux évolutions attendues du marché et des technologies. Par exemple, dans le secteur des bâtiments, la réglementation soumettant les aides à la rénovation énergétique des bâtiments à la réalisation des travaux par un professionnel labellisé « reconnu garant de l'environnement » a largement contribué à la mise à jour des compétences des artisans à travers la mise en place de formations de type FEE Bat. **Il ne fait aucun doute que les évolutions réglementaires attendues contribueront au succès des formations relatives aux réseaux intelligents.**

4 Voir notamment : <http://www.pole-pegase.com/>

Académie des REI et projet « Smart Campus » à Sophia Antipolis

Comme nous l'avons vu, des modules et briques de compétences relatifs aux réseaux intelligents ont déjà été intégrés dans certains cursus existants ou via des spécialisations de fin de cursus. Toutefois, ces initiatives n'ont pas été conçues de façon globale, cohérente et mutualisée en réponse aux attentes du secteur des réseaux électriques intelligents et en vue de la constitution d'un portefeuille de compétences ciblé¹.

Pour répondre à cet enjeu, **la feuille de route de La Nouvelle France industrielle propose de créer une académie des REI** pilotée par MINES Paris Tech/Institut Carnot. Grâce à cette académie seront mis en réseau les centres de formation des industriels et les instituts d'enseignement pour élaborer une offre adaptée aux besoins des acteurs industriels français et anticipant les enjeux futurs de la filière :

- pour tous les niveaux : baccalauréats professionnels, techniciens, ingénieurs/ masters ;
- pour les différents champs de compétences autour des REI : techniques, scientifiques, managériaux, économiques, sociétaux (gestion, optimisation, numérique, télécommunication, protocoles, sécurité, intégration, électrotechnique, électricité, électronique, finance, marchés, économie, business models, sociologie, philosophie, éthique, prospective...);
- pour tous les types de formation : initiale, continue ; formations spécialisées, formations à l'international.

Des relais clés pour l'académie des REI devraient être créés au travers de « campus intelligents » disséminés sur le territoire français. Un appel à manifestations d'intérêt (AMI) a été lancé par le gouvernement français en décembre 2014 pour une date limite de dépôt des candidatures le 17 mars 2015. Les candidatures sélectionnées pourront obtenir un label « campus intelligent ».

L'enjeu de cette action est de faire émerger des propositions de réseaux expérimentaux dans quelques campus qui offriront un champ d'expérimentation dynamique et pérenne afin de contribuer à valoriser l'image des réseaux électriques intelligents auprès des étudiants. Les campus labellisés accueilleront les formations les plus avancées sur ces sujets tout en étant un lieu d'échange, de partage, d'enrichissement mutuel des univers industriels et académiques. Les campus universitaires peuvent en effet devenir un terrain d'expérimentation des idées les plus avancées en matière de solutions de réseaux électriques intelligents, et devenir une source de start-up qui viendront à terme enrichir le marché des REI².

En réponse à cet AMI des acteurs majeurs des REI sur le territoire de Nice et Sophia Antipolis ont souhaité mettre en place une coopération stratégique qui prendra corps sur le site de SophiaTech puis sur l'Eco-Campus dont la construction est prévue à Nice Méridia. Bénéficiant des soutiens déterminants de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, de la Métropole Nice Côte d'Azur (NCA) et de la Communauté d'agglomération Sophia Antipolis (CASA), cette candidature s'appuie sur l'exceptionnel écosystème azuréen existant, composé de laboratoires et établissements de l'Université Nice Sophia Antipolis, du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), d'industriels de premier plan (EDF, RTE, IBM, ORANGE), de l'Institut Méditerranéen des risques et du développement durable (IMREDD), de PME

¹ Dominique Maillard, 2013. *Réseaux électriques intelligents*. Feuille de route. La Nouvelle France industrielle.

<<http://www.rte-france.com/uploads/media/images/alaune/FDRoute.pdf>>

² Capenergies, 2015. *Candidature Smart Campus Nice Sophia Antipolis*. Dossier de presse. http://www.capenergies.fr/fichiers/evenements/2015/CP_Smart_Campus_Nice/Dossier_de_presse_candidature_Smartcampus_170315_clair.pdf

et start-ups des domaines de l'énergie et des TIC des territoires de NCA et de la CASA, de la Chambre de Commerce et d'Industrie Nice Côte d'Azur et des pôles de compétitivité Capenergies et Solutions Communicantes Sécurisées (SCS)³.

La première étape de ce projet a consisté en un inventaire des formations existantes au sein des différents organismes d'enseignement-recherche de Nice-Sophia Antipolis. Cette étape a permis de constater que les formations existantes liées de près ou (surtout) de loin aux REI sont essentiellement de niveau Master et plutôt pointues. Les formations et les enseignements les plus intéressants qui ont été identifiés sont listés dans l'encadré ci-dessous.

Formations et enseignements identifiés dans le cadre du projet Smart Campus

Dans le domaine des sciences économiques, les Masters suivants portés par l'**Université de Nice-Sophia Antipolis** ont été identifiés :

- Master « Economie, Cognition et Innovation » : cours sur les business modèles et innovations écologiques, la formation de l'innovation et des outils numériques, l'économie expérimentale et la formation en modèle multi-agents, les TIC, les institutions environnementales, la dynamique de la consommation et les nouvelles formes d'engagement dans la consommation, l'économétrie et la gestion de bases de données pour simuler la dynamique industrielle.
- Master « Economie et Management de l'organisation industrielle » : cours sur les nouvelles formes de territorialisation en relation avec les innovations écologiques.
- Master 2 recherche « Dispositifs sociotechniques d'information et communication » et Master 2 « Communications, cultures organisationnelles, stratégies d'images et Internet » : il s'agit de cursus particulièrement en phase avec le projet Smart Campus, les étudiants pourront développer des projets d'études sur les thématiques techniques et scientifiques et les formations pourront s'enrichir de la transversalité de l'accompagnement de projet par les sciences et technologies de l'information et de la communication.
- Master 2 pro « Ingénierie de la création multimédia » : propose aux étudiants d'accéder, à travers une approche inventive et critique, aux métiers de la réalisation, du management et de la stratégie, dans les domaines du web, du multimédia, et du design des nouveaux services et médias urbains géo-localisés.

Au sein de **Polytech Nice Sophia**, les cours du département « bâtiments » concernés par le projet Smart Campus sont principalement :

- Modélisation thermique du bâtiment : apprentissage des modèles mathématiques utilisés pour décrire les transferts de chaleur et prévoir la consommation énergétique d'un bâtiment.
- Electricité du bâtiment : conversion d'énergie électrotechnique et électronique de puissance.
- Conversion d'énergie solaire photovoltaïque : énergie solaire, principes théoriques de la photo-conversion, principes généraux de fabrication, logiciel et applications.
- Eco-conception : règles et procédés de la construction.
- Réseaux de capteurs sans fil : déploiement d'un réseau de capteurs sans fil dans un bâtiment.
- Immotique : revue des technologies de l'Information et des Communications mises en œuvre en Immotique, architecture générale d'un système TIC, mise en œuvre des automates programmables pour le pilotage d'un bâtiment, écrire et tester une application de domotique sur smartphone.
- Gestion énergétique des bâtiments : définition, contexte et enjeux d'une smart grid, les dix fonctions intégrées d'une smart grid, exemples de projets smart grids, visite du showroom Nice Grid. Démarche HQE en neuf et rénovation, audit énergétique, gestion technique centralisée du bâtiment, intégration des énergies renouvelables.

³ Capenergies, 2015. *Candidature Smart Campus Nice Sophia Antipolis*. Dossier de presse. http://www.capenergies.fr/fichiers/evenements/2015/CP_Smart_Campus_Nice/Dossier_de_presse_candidature_Smartcampus_170315_clair.pdf

L'école de commerce **SKEMA** propose, dans son « Master of science », les modules suivants :

- Digital Business.
- Digital Marketing.
- Entrepreneurship and Innovation.

L'école d'ingénieurs **Eurecom** propose plusieurs modules dans le domaine des télécommunications et de la sécurité, à des élèves ingénieurs en dernière année :

- Sécurité des communications : cours sur la cryptographie et sur les mécanismes de communication sécurisée.
- Applications de sécurité dans les réseaux et systèmes distribués : cours présentant les principales applications des mécanismes de sécurité dans le cadre des réseaux et des systèmes distribués.
- Systèmes distribués Cloud Computing: techniques de logiciels, conception d'architecture des centres de données.
- Architectures et protocoles réseaux : principes architecturaux, routage dans l'Internet, routage dans les mobiles, routage multicast, mécanismes d'interconnexion, couche de transport de bout en bout.

Le Centre PERSEE (procédés, énergies renouvelables et systèmes énergétiques) de **MINES ParisTech** est impliqué dans plusieurs formations liées aux innovations énergétiques, qui seront considérées dans le cadre du projet :

- Mastère ALEF (International Energy Management) : mastère franco-chinois commun à MINES ParisTech et à la Tsinghua University (Pékin).
- Mastère ENR (European Master in Renewable Energy) : mastère européen sur les énergies renouvelables, coordonné par the Association of European Renewable Energy Research Centres.
- Master CARE (Clean and Renewable Energies) : repose sur une collaboration avec 5 universités européennes et 3 universités chinoises.
- Formation des ingénieurs civils des Mines : travaux pratiques d'énergétique des systèmes, enseignement-projet « alternatives pour l'énergie du futur ».

Au sein de **Polytech Nice Sophia**, outre les départements d'électronique et informatique qui assurent des formations dans le domaine des TIC, le département « bâtiments » a pour objectif de former des ingénieurs spécialistes de la conception de bâtiments à basse consommation énergétique intégrant des systèmes électroniques intelligents au service du confort de l'occupant. Ces ingénieurs d'un nouveau profil associent intimement les bases traditionnelles du bâtiment, les énergies renouvelables et les outils des TIC.

L'école de commerce **SKEMA**, quant à elle, constitue un contexte d'étude intéressant pour observer les différents groupes d'utilisateurs, pour voir leurs réactions aux feedback et pratiques d'effacement. De plus, les TIC constituant une partie intégrante du projet Smart Campus, il est envisagé de mener des expérimentations de nouveaux services en collaboration avec les étudiants du MSc Digital Business ainsi que MSc Entrepreneurship and Innovation.

Cet inventaire réalisé par Capenergies et ses partenaires a permis non seulement de faire un état des lieux des initiatives existantes, mais aussi de mettre en lien les acteurs territoriaux de la recherche et développement et de la formation. **Les prochaines étapes du projet Smart Campus porteront sur la définition de nouveaux modules d'enseignement pluridisciplinaires, voire de nouveaux cursus de masters spécialisés ou d'options de cycles d'ingénieurs, ainsi que sur la formation continue en synergie avec les industriels locaux.**

Il sera utile voire nécessaire de réitérer cet exercice d'inventaire exhaustif qui a été réalisé sur le territoire de Nice-Sophia Antipolis à l'ensemble de la région PACA, en partenariat avec les acteurs de l'enseignement et de la formation des territoires concernés (en particulier l'éco-campus Méditerranée prévu à Sainte-Tulle (04), qui sera actif dans le domaine des énergies nouvelles).

les cahiers du Conseil d'orientation

Sites de ressources :

- Capénergie : <http://www.capenergies.fr/>
- Pôle Solutions communicantes sécurisées (SCS) : <http://www.pole-scs.org/>
- Commission de régulation de l'énergie (CRE) : <http://www.cre.fr/>
- Smart grids - CRE : <http://www.smartgrids-cre.fr/>
- Association négaWatt : <http://www.negawatt.org/association.html>

Etablissements et organismes de formation :

- MINES Saint-Etienne : <http://www.mines-stetienne.fr/>
- MINES ParisTech : <http://www.mines-paristech.fr/>
- Polytech Nice-Sophia Antipolis : <http://www.polytechnice.fr/>
- Université de Nice-Sophia Antipolis : <http://unice.fr/>
- Eurecom : <http://www.eurecom.fr/>
- IUT d'Aix-Marseille : <http://iut.univ-amu.fr/>

Entreprises :

- Réseau de transport d'électricité (RTE) : <http://www.rte-france.com/>
- ErDF : <http://www.erdf.fr/Accueil>
- EDF : <http://france.edf.com/>
- GrDF : <http://www.grdf.fr/>
- GDF Suez : <http://www.gdfsuez.com/>

Documentation :

- Dominique Maillard, 2013. *Réseaux électriques intelligents*. Feuille de route. La Nouvelle France industrielle : <http://www.rte-france.com/uploads/media/images/alaune/FDRRoute.pdf>
- Conseil national de la formation professionnelle tout au long de la vie, 2015. *Propositions de priorités nationales de formation liées à la transition écologique et recommandations pour les futurs CPRDFOP* : http://pmb.cereq.fr/doc_num.php?explnum_id=2195
- Capenergies, 2015. *Candidature Smart Campus Nice Sophia Antipolis*. Dossier de presse. http://www.capenergies.fr/fichiers/evenements/2015/CP_Smart_Campus_Nice/Dossier_de_presse_candidature_Smartcampus_170315_clair.pdf
- Comité stratégique des éco-industries, 2011. *Soutenir la compétitivité de la filière française des systèmes électriques intelligents et du stockage de l'énergie*. Rapport du groupe « Systèmes électriques intelligents et stockage de l'énergie » : http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/eco-industrie/csf/cosei-smart-grids-200711.pdf

Règlementations et schémas d'orientation :

- Projet de loi sur la transition énergétique pour la croissance verte : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-La-transition-energetique-pour-la-.html>
- Schéma régional climat-air-énergie : <http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/schema-regional-climat-air-energie-r189.html>
- Stratégie Régionale d'Innovation en PACA : <http://www.regionpaca.fr/economie-emploi/innovation-et-recherche/strategie-regionale-dinnovation-sri.html> (voir § 3-1-1- Transition énergétique - Efficacité énergétique)

L'IRFEDD remercie l'ensemble des participants :

BARRE Alain (GDF Suez) ; BOI Michèle (EDF) ; BOISSEAU Isabelle (Observatoire régional des métiers) ; BOURRELLY Alain (Région Provence Alpes-Côte d'Azur) ; CONTAL François (Capenergies) ; LACROIX Thierry (Capenergies) ; MORALDO Joël (GrDF) ; ROBERT-MAUGIS Delphine (Région Provence Alpes-Côte d'Azur) ; SEGUIN Jean-Luc (IUT d'Aix-Marseille) ; ROBISSON Bruno (Ecole des Mines de Saint-Etienne).

NB : les échanges des participants au sein de cette commission contribuent à la construction d'une réflexion collective présentée dans ce document. Celui-ci n'a pas pour objet de reproduire chacun des propos exposés. Les travaux menés dans le cadre de cette commission pourront être complétés lors de réunions ultérieures.

Directeur de la publication : Philippe Lebarbenchon
directeur général de l'IRFEDD

Réalisation : Isabelle Richaud
chargée de mission IRFEDD

Conception : Léa Robert - IRFEDD

Contact :

IRFEDD

Europôle de l'Arbois, Bâtiment Martel
Avenue Louis Philibert
13100 Aix-en-Provence

Tél. : 04 42 61 17 29

Mail : contact@irfedd.fr