



HAL
open science

Les réseaux électriques intelligents : vers de nouveaux besoins en compétences et en formation

Nathalie Bosse

► **To cite this version:**

Nathalie Bosse. Les réseaux électriques intelligents : vers de nouveaux besoins en compétences et en formation. Céreq Etudes n°3, Centre d'études et de recherches sur les qualifications. 2016, 59 p. <halshs-01450926>

HAL Id: halshs-01450926

<https://shs.hal.science/halshs-01450926v1>

Submitted on 31 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-ND 4.0 - Attribution - No Derivative Works - International License



TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES INTELLIGENTS : VERS DE NOUVEAUX BESOINS EN COMPÉTENCES ET EN FORMATION

*Nathalie BOSSE - Centre de recherche en économie de Grenoble (CREG), centre associé
au Céreq de Grenoble*

Synthèse

Dans le cadre du plan national d'adaptation des métiers et des emplois à la transition vers une économie verte, des travaux prospectifs sur les mutations des différentes filières professionnelles ont été engagés. Pour l'assister dans cette démarche, le CGDD (commissariat général au développement durable) a engagé un partenariat (2013-2015) d'appui technique avec le Céreq (Centre d'études et de recherches sur les qualifications). L'étude présentée ici concerne la filière des réseaux électriques intelligents (REI).

Les réseaux électriques intelligents ou *smart grids* sont définis comme des « réseaux électriques capables d'intégrer efficacement les comportements et actions de tous les utilisateurs qui y sont raccordés – producteurs, consommateurs, et utilisateurs à la fois producteurs et consommateurs – afin de constituer un système rentable et durable, présentant des pertes faibles et un niveau élevé de qualité et de sécurité d'approvisionnement » (cf. Plateforme technologique européenne sur les *smart grids*).

Rendre les réseaux électriques intelligents consiste donc, en grande partie, à les instrumenter pour les rendre communicants. L'objectif de l'étude est de comprendre les transitions professionnelles induites par cette évolution du système électrique et d'identifier les nouveaux besoins en compétences et en formation (initiale et continue) inhérents au développement des REI. Il s'agit de recueillir les besoins exprimés par les professionnels de la filière et de proposer des préconisations afin d'y répondre. Le périmètre de l'étude concerne le transport et la distribution d'électricité en amont du compteur tarifaire. Deux catégories d'entreprises ont été retenues : les équipementiers et les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution. 16 entretiens semi-directifs auprès de différents acteurs de la filière ont ainsi été conduits entre septembre 2014 et juillet 2015. Une recherche documentaire sur l'état des connaissances concernant les innovations en cours et les points clés technologiques ainsi que sur les besoins en compétences et formation a également été réalisée.

Principaux résultats

Aujourd'hui, les personnels travaillant sur les REI sont essentiellement des ingénieurs ou docteurs : les gestionnaires de réseaux et les industriels investissent en effet dans la R&D et sont impliqués dans divers démonstrateurs. A ce stade encore expérimental, les acteurs interviewés évoquent les nombreuses incertitudes qui demeurent et ont des difficultés à évaluer de manière précise l'impact du développement des REI sur les métiers de leur entreprise, ainsi que les besoins en compétences et en emplois qui en découlent.

Dans les discours, les REI sont le plus souvent associés à la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les métiers du transport et de la distribution d'électricité. On assiste donc essentiellement à une évolution de métiers existants et non à la création de métiers nouveaux. Pour les personnes interrogées, les REI demandent ainsi la mise en œuvre de compétences appartenant à des champs disciplinaires différents : électrotechnique et TIC. Toutefois, si le besoin de compétences dans le domaine des TIC s'accroît fortement, la nécessité de maîtriser les compétences « cœur de métier » en électrotechnique demeure et est maintes fois signalée.

En fonction des entreprises, ces évolutions sont plus ou moins importantes et concernent des profils de salariés différents. Concernant les équipementiers de la filière industrielle électrique, les besoins se concentrent, au moment de l'étude, essentiellement sur le niveau ingénieur. Le recrutement se focalise sur de jeunes diplômés sortants de grandes écoles. Concernant les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution, le développement des REI ne va pas avoir les mêmes conséquences. Pour le gestionnaire de transport, la dimension numérique est déjà fortement présente dans les métiers. Ainsi, pour les acteurs interviewés, il n'existe pas de rupture associée aux REI même si les

besoins en compétences sur le domaine du numérique s'amplifient. En revanche, pour les gestionnaires de réseaux de distribution (GRD), les technologies de l'information et de la communication engendrent une évolution des activités, qui concerne tous les niveaux de qualification. Dans un premier temps, ce sont les évolutions liées au déploiement du compteur communicant qui sont évoquées. La création d'emplois, essentiellement pour la production et la pose de ces compteurs, est également soulignée. Mais c'est la problématique de la gestion des données (*big data*), de leur traitement et analyse qui apparaît centrale et sollicite de nouvelles compétences pour les GRD. L'utilisation de ces données va également faire évoluer les métiers de la maintenance, de l'exploitation et du développement du réseau.

Pour ces entreprises, l'adaptation des compétences repose principalement sur la formation continue, qui est le plus souvent réalisée en interne. Les REI étant associés à un besoin de compétences en électrotechnique et TIC, cela suppose, pour les acteurs interviewés, d'apporter aux salariés les connaissances qui leur font défaut : proposer des formations en électrotechnique aux salariés venant du numérique et des télécoms, proposer des formations sur les TIC aux personnels diplômés en électrotechnique ou génie électrique. Cependant, ces besoins apparaissent encore souvent imprécis et ne sont donc pas traduits, au moment de l'enquête, dans des actions de formation concrètes. La mise en œuvre d'une ingénierie de formation assez conséquente est cependant évoquée pour les gestionnaires de réseaux de distribution, afin d'accompagner, dans un premier temps, le déploiement du compteur communicant.

Concernant plus précisément la place des REI dans la formation initiale (FI), les besoins évoqués au stade actuel concernent essentiellement le niveau ingénieur. Plusieurs écoles et universités ont intégré dans leurs cursus des spécialisations sur les REI mais les avis divergent sur cette offre de formation de niveau bac+5 : en adéquation avec les besoins pour certains, elle demeure insuffisante pour d'autres. En revanche, l'ensemble des professionnels interrogés pointe l'absence de prise en compte des REI dans les cursus infra bac+5. Or, ces niveaux constituent la part importante des salariés des gestionnaires de réseaux. Mais le besoin de renforcer les compétences en électrotechnique est également signalé comme un préalable. La prise en charge de la formation par les entreprises expliquerait en effet la faible présence des problématiques liées au fonctionnement du réseau électrique au sein des diplômés de FI. Or, aujourd'hui, les professionnels demandent qu'une partie de cette formation jusqu'alors réalisée en interne soit prise en charge par l'éducation nationale.

Sommaire

Introduction	4
1. Les réseaux électriques intelligents : éléments de cadrage.....	6
1.1. Une évolution du système électrique d'un point de vue technologique et organisationnel	8
1.2. La modernisation des réseaux électriques au cœur de la politique énergétique européenne	12
1.3. Le développement des REI en France	13
2. Les besoins en emplois et en compétences du point de vue des acteurs interviewés	18
2.1. Entre incertitudes et prudence : aller au-delà des expérimentations pour avoir une vision claire de l'évolution des métiers et des besoins en emplois	18
2.2 Du côté des équipementiers	22
2.3. Du côté des gestionnaires de réseaux.....	26
3. Les besoins en formation du point de vue des acteurs interviewés	39
3.1. La formation continue	39
3.2. La formation initiale	43
Conclusion. Les besoins en compétences et formation : préconisations.....	49
Bibliographie.....	52
Annexe 1 : le fonctionnement du marché de l'électricité	54
Annexe 2 : le fonctionnement du réseau public d'électricité.....	56

Introduction

Dans le cadre du plan national d'adaptation des métiers et des emplois à la transition vers une économie verte, piloté au sein du Ministère en charge de l'écologie et du développement durable (MEDDE) par le commissariat général au développement durable (CGDD), un vaste éventail de travaux prospectifs sur les mutations des différentes filières professionnelles ainsi que sur les aspects transversaux des mutations attendues a été engagé. Pour l'assister dans cette démarche, le CGDD a engagé un partenariat (2013-2015) d'appui technique avec le Céreq (Centre d'études et de recherches sur les qualifications).

Le présent document expose les résultats de l'étude concernant la filière des réseaux électriques intelligents, qui s'inscrit dans le cadre de l'axe 1 de la convention signée entre le CGDD et le Céreq :

« Assister le comité stratégique de filières éco-industries (COSEI) de la conférence nationale de l'industrie (CNI) pour définir sa politique en faveur de l'emploi et des compétences dans les filières stratégiques vertes » dont les objectifs sont :

- mieux comprendre les besoins en compétences des filières stratégiques vertes et les transitions professionnelles induites par ces filières vertes ;*
- analyser les proximités de compétences entre ces filières vertes : entre elles et avec les activités industrielles traditionnelles, notamment celles en perte de vitesse, et identifier les viviers de compétences communes, transférables et/ou transversales entre elles ;*
- assister la production de recommandations en matière de dispositifs d'accompagnement à l'acquisition de nouvelles compétences et à l'adaptation de l'offre de formation. »*

Les réseaux électriques intelligents (REI) ou *smart grids* sont définis comme des « réseaux électriques capables d'intégrer efficacement les comportements et actions de tous les utilisateurs qui y sont raccordés – producteurs, consommateurs, et utilisateurs à la fois producteurs et consommateurs – afin de constituer un système rentable et durable, présentant des pertes faibles et un niveau élevé de qualité et de sécurité d'approvisionnement » (cf. Plateforme technologique européenne sur les *smart grids*).

Rendre les réseaux électriques intelligents consiste en grande partie à les instrumenter pour les rendre communicants. Pour cela, ils intègrent des fonctionnalités issues des technologies de l'information et de la communication. L'objectif de l'étude est de comprendre les transitions professionnelles induites par cette évolution du système électrique et d'identifier les nouveaux besoins en compétences et en formation - initiale et continue - inhérents au développement des REI. Il s'agit ici de recueillir les besoins exprimés par les professionnels de la filière et de proposer des préconisations afin d'y répondre.

Le périmètre de l'étude, tel que défini par le cahier des charges élaboré par le CGDD et le COSEI, concerne « le transport et la distribution d'électricité en amont du compteur tarifaire. Sont donc exclues la production d'énergie, tout comme l'efficacité domestique, tertiaire et industrielle. En revanche, l'échange d'information avec la production, la consommation et le stockage sont traités car c'est un point clé du pilotage, partie intégrante de l'aspect intelligent des réseaux. »

La méthodologie retenue se décline en deux étapes : une recherche documentaire sur l'état des connaissances concernant les innovations en cours et les points clés technologiques ainsi que sur les besoins en formation et compétences ; des entretiens auprès des acteurs de la filière (gestionnaires de réseaux, fournisseurs de solutions, experts du monde scientifique et technique, etc.). 16 entretiens semi-directifs ont ainsi été réalisés. La liste des acteurs pertinents à interviewer a été élaborée en lien avec le commanditaire (cf. encadré 1).

Le rapport est organisé en quatre sections. Une première propose de contextualiser l'étude en précisant les fondements et les enjeux des REI, les technologies mobilisées et les acteurs en

présence. Le rôle de l'Union européenne dans la construction d'un environnement favorable au développement des *smart grids* et les initiatives françaises sont également évoqués. Une deuxième partie s'intéresse aux besoins en emplois et en compétences identifiés par les acteurs interviewés. Deux catégories d'entreprises ont été retenues afin de couvrir les métiers du transport et de la distribution de l'électricité : les équipementiers et les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution. Pour les premiers, il s'agit, notamment, d'identifier les activités en lien avec les REI, les compétences qu'elles requièrent et les profils recherchés. Pour les seconds, l'analyse se centre davantage sur l'impact du développement des REI sur les métiers et les nouveaux besoins en compétences qui en découlent. Une troisième partie traite des besoins en termes de formation continue et initiale, du point de vue des professionnels. Deux exemples de diplômes de formation initiale ayant intégré des compétences en lien avec les *smart grids* viennent en illustration. Enfin, la conclusion propose des pistes de préconisations en écho aux besoins exprimés par les différents acteurs rencontrés.

Encadré 1. Méthodologie

16 entretiens semi-directifs ont été conduits entre septembre 2014 et juillet 2015. Le choix des acteurs à interviewer a été réalisé en concertation avec le CGDD.

Deux catégories d'entreprises ont été retenues, couvrant les métiers du transport et de la distribution de l'électricité : les équipementiers et les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution. Les interviews ont été réalisées auprès de personnes expertes des REI dans leur entreprise et parfois au niveau national. Elles ont le plus souvent en charge les questions liées à l'innovation. Concernant le gestionnaire du réseau de transport, une personne en charge de la formation des salariés a également été interviewée :

- équipementiers, trois personnes d'entreprises différentes interviewées ;
- gestionnaire du réseau de transport, deux personnes interviewées ;
- gestionnaires de réseaux de distribution, deux personnes interviewées : ERDF (direction territoriale) et une entreprise locale de distribution.

Des entretiens complémentaires ont également été menés auprès d'un syndicat d'énergie et d'équipement, un promoteur immobilier et une SSII¹, tous trois impliqués dans des démonstrateurs *smart grids*. Les personnes interviewées sont les responsables de ces projets pour leur entreprise.

Ces entretiens visent à identifier les activités associées aux REI ou celles amenées à évoluer avec le développement des *smart grids* afin de repérer les besoins en compétences et formation résultant de ces évolutions. Les principaux thèmes abordés sont : activités de l'entreprise, activités liées aux REI et métiers concernés, profils des salariés (formation, niveau de diplôme, etc.), besoins en compétences (compétences nouvelles, complémentaires, etc.), besoins en formation initiale, besoins en formation continue, organisation de la formation dans l'entreprise, besoins en emplois, vision de la filière.

Concernant plus spécifiquement le champ de la formation, cinq entretiens ont été réalisés :

- un expert scientifique sur les REI, professeur titulaire de chaire, qui a développé un diplôme d'ingénieur « systèmes électriques » intégrant la dimension *smart grids*. Ce diplôme est, par ailleurs, adossé à un démonstrateur, l'établissement d'enseignement supérieur et de recherche faisant partie du consortium.

Deux autres personnes de cet établissement ont été interviewées : la directrice territoriale et le responsable de l'école d'ingénieurs.

- un Inspecteur Général de l'Education Nationale (IGEN), qui travaille, notamment, sur la rénovation des bacs pro ELEEC et SEN dans le cadre des CPC ;
- un ingénieur pour l'école (Délégation académique aux enseignements techniques) qui mène des travaux sur les besoins en compétences associés aux REI.

Ces entretiens visaient à comprendre les évolutions de diplômés (du niveau IV à ingénieur), en lien avec

¹ Société de services et d'ingénierie en informatique

les demandes des professionnels et de repérer les compétences « *smart grids* ». Les principaux thèmes abordés dans la grille d'entretien, adaptée en fonction des interlocuteurs, sont : construction du diplôme, évolutions récentes en lien avec le développement des REI, facteurs de ces évolutions (réponse aux demandes des professionnels, etc.), compétences associées aux « *smart grids* », élèves /étudiants (effectifs, profils, parcours, etc.), débouchés professionnels, vision de la filière.

Un entretien a également été conduit auprès d'une chargée de mission d'une agence régionale en charge de l'information, du conseil et de l'assistance des collectivités locales en matière d'énergie. L'objectif de l'entretien était, notamment, de comprendre la manière dont les collectivités s'emparent de cette thématique et leurs besoins éventuels.

1. Les réseaux électriques intelligents : éléments de cadrage

L'utilisation de l'énergie et la gestion du système électrique sont amenés à évoluer avec les nouveaux objectifs environnementaux. L'Union Européenne a adopté des objectifs dits des « 3X20 ». Il s'agit d'ici 2020 de faire passer à 20 % la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen, de réduire de 20 % les émissions de CO² des pays de l'Union par rapport à 1990, d'accroître l'efficacité énergétique de 20 %. Dans le prolongement de cette politique européenne, la France a adopté, par les lois issues du Grenelle de l'environnement, des mesures visant notamment à maîtriser la demande en énergie. Elle s'est également engagée à diviser par quatre ses émissions à effet de serre (cf. site *smart grids* de la CRE², ADEME³, 2013a).

Les réseaux électriques actuels devront intégrer les sources d'énergies renouvelables (EnR), souvent décentralisées et dont la production est variable au fil du temps : « *le développement de la production décentralisée conduit à multiplier de manière très importante les sites de production et à injecter de l'énergie sur des réseaux de distribution conçus pour l'acheminer et non la collecter* » (cf. site *smart grids* de la CRE). Parallèlement au développement des EnR, les usages de l'électricité évoluent avec une augmentation de la consommation liée par exemple aux équipements électroniques ou aux véhicules électriques (ADEME, *ibid*).

Ces évolutions ont donc un impact sur la gestion de l'équilibre du système électrique. « *Jusqu'à présent, l'offre d'énergie était pilotée en fonction de la demande. Du fait du caractère difficilement pilotable de l'offre, l'ajustement qui permet d'équilibrer le système électrique se fait non seulement par l'offre mais aussi par la demande. C'est la raison pour laquelle la demande doit être gérée de façon active, notamment en incitant les consommateurs à s'effacer lors des pics de consommation* » (cf. site *smart grids* de la CRE).

La gestion des réseaux électriques, jusqu'à présent centralisée et unidirectionnelle, allant de la production à la consommation, sera demain répartie et bidirectionnelle (cf. tableau 1 et schéma 1). Rendre les réseaux électriques intelligents consiste ainsi à les instrumenter pour les rendre communicants et le défi concerne principalement les réseaux de distribution : « *Actuellement, le réseau de transport est déjà instrumenté, notamment pour des raisons de sécurité d'approvisionnement. En revanche, les réseaux de distribution sont faiblement dotés en technologies de la communication, en raison du nombre très important d'ouvrages (postes, lignes, etc.) et de consommateurs raccordés à ces réseaux ; l'enjeu des REI se situe donc principalement au niveau des réseaux de distribution* » (cf. site *smart grids* de la CRE).

² Commission de régulation de l'énergie

³ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

Tableau 1 • Caractéristiques des REI

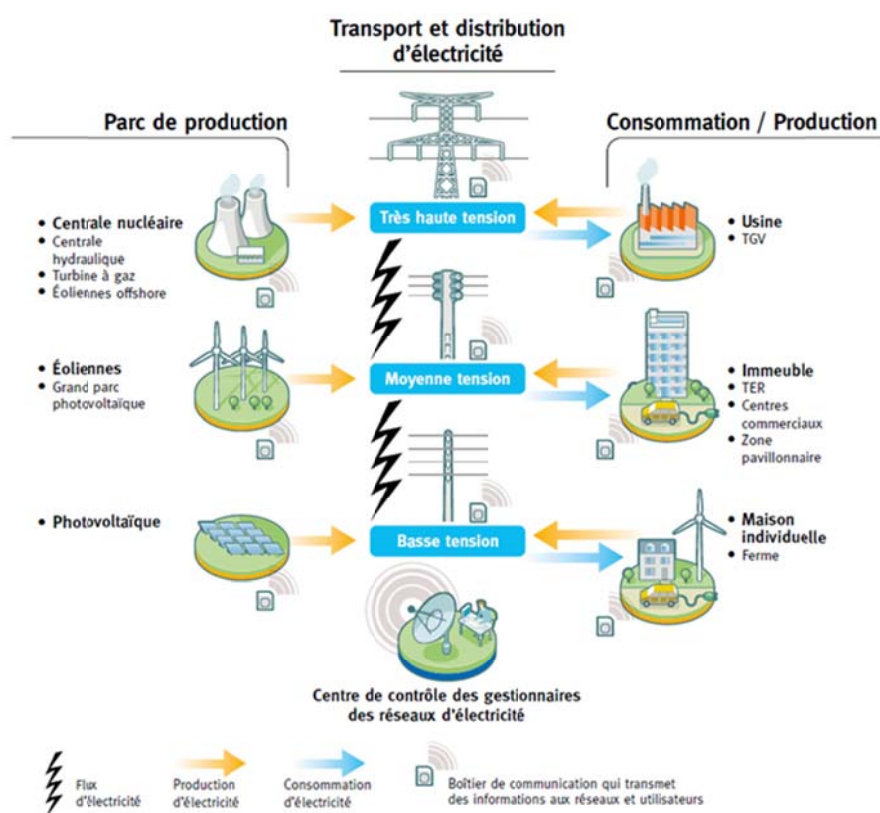
Caractéristiques des réseaux électriques actuels	Caractéristiques des REI
analogique unidirectionnel Production centralisée Communicant sur une partie des réseaux Gestion de l'équilibre du système électrique par l'offre/production consommateur	numérique bidirectionnel Production décentralisée Communicant sur l'ensemble des réseaux Gestion de l'équilibre du système électrique par la demande/consommation Consom'acteur

Source : CRE

L'architecture des réseaux électriques intelligents vise donc à gérer de façon optimale la consommation et la production électrique, à améliorer l'efficacité énergétique et intégrer les sources d'EnR dans les réseaux existants. Elle se compose de 3 niveaux :

- le premier sert à acheminer l'électricité par une infrastructure physique d'ouvrages électriques (lignes, transformateurs...);
- le deuxième est formé par une architecture de communication fondée sur différents supports et technologies de communication (fibre optique, GPRS⁴, CPL⁵, etc.) servant à collecter les données issues des capteurs installés sur les réseaux électriques;
- le troisième est constitué d'applications et de services tels que des systèmes de dépannage à distance ou des programmes automatiques de réponse à la demande d'électricité utilisant une information en temps réel (cf. site *smart grids* de la CRE).

Schéma 1 • Fonctionnement des réseaux électriques intelligents



Source : CRE

⁴ General Packet Radio Service.

⁵ Courant porteur en ligne.

1.1. Une évolution du système électrique d'un point de vue technologique et organisationnel

Grâce à ces capacités de communication bidirectionnelle et à un fonctionnement automatisé, la configuration organisationnelle associée aux REI se caractérise par une multitude de sources de production distribuées et une structure du réseau « maillée ». Le réseau de transport se déploie aux niveaux nationaux et européens, le réseau de distribution concerne des espaces territoriaux plus réduits, pouvant aller jusqu'au quartier et aboutir au réseau électrique d'un bâtiment. Cette nouvelle configuration organisationnelle modifie les relations entre les acteurs et en fait apparaître de nouveaux (Picard, Cabaret, 2015). L'intégration des EnR décentralisées et la gestion de la demande au plus près des besoins des consommateurs rendent l'échelle locale importante dans la politique énergétique (cf. site *smart grids* de la CRE). Selon Picard et Cabaret, « ces technologies *smart grids* sont donc porteuses d'un potentiel élevé de transformation des systèmes électriques, non seulement d'un point de vue technologique mais également organisationnel. En effet, les *smart grids* favorisent le développement d'un mode organisationnel nouveau, décentralisé, alliant autoconsommation et autoproduction. Se faisant, ils modifient les relations entre les acteurs, suscitant l'émergence de nouveaux acteurs et de nouvelles règles de gouvernance des systèmes électriques. Ainsi, les technologies *smart grids* participent-elles de l'évolution progressive de la configuration techno-organisationnelle du système électrique actuel, plus qu'elles ne s'inscrivent en rupture totale avec celui-ci. »

➤ A la convergence des technologies des systèmes électriques et des technologies de l'information et de la communication

Les REI se situent à la convergence des technologies des systèmes électriques et des technologies de l'information et de la communication (TIC). Ils renvoient à un ensemble de technologies (composants, équipements électriques, logiciels et moyens de communication) intégrées au système électrique et aux stratégies de gestion de ce système. Ces technologies doivent leur permettre d'incorporer les actions des différents utilisateurs, consommateurs et/ou producteur, afin de maintenir une fourniture d'électricité efficace, durable, économique et sécurisée (ADEME, *op. cit.*).

Ces technologies s'articulent autour de trois piliers (Picard, Cabaret, *ibid*) :

- transport et distribution : développement d'un réseau intelligent de transport et distribution, équipé de systèmes de transmission et distribution permettant la communication entre producteurs-distributeurs-consommateurs ;
- gestion et consommation d'électricité : systèmes de comptage évolué permettant de mieux maîtriser la demande, de tarifier l'électricité en fonction de l'heure, de lisser les pics de consommation, d'effectuer un relevé à distance. Le compteur communicant est considéré comme la première brique du déploiement des REI ;
- production et stockage : développement de systèmes de production et de stockage de l'énergie en partie décentralisée.

Les réseaux électriques intelligents s'appuient sur un certain nombre de briques technologiques dont le développement et le degré d'intégration sont plus ou moins avancés :

- les technologies de l'information et de la communication (TIC) qui permettent une meilleure circulation de l'information sur le réseau (suivi de consommation détaillée, état du réseau) ;
- des équipements de réseaux intégrant de nouvelles fonctions (disjoncteurs/réenclencheurs, réglage de tension intégré aux transformateurs) ;
- les technologies de stockage pour lisser les productions renouvelables souvent variables, rendre des services aux systèmes électriques ou déplacer l'électricité solaire et éolienne et la restituer lors des pics de demande ;

- des outils de prévision et de modélisation permettant d'affiner les données météorologiques, les données de production ou de consommation ainsi que les transits sur les réseaux ;
- des compteurs communicants pouvant recevoir et envoyer des données et des ordres sans l'intervention physique d'un technicien et permettant de proposer de nouvelles offres tarifaires ;
- la transmission auprès des clients sur différents supports d'informations et de conseils sur leur consommation ;
- des boîtiers électroniques s'installant dans le tableau électrique permettant de commander certains usages en temps réel » (cf. site ADEME⁶).

Depuis une dizaine d'années, le nombre de projets « *smart grids* » s'est accru au niveau mondial, avec des spécificités nationales « *liées aux niveaux des ressources naturelles disponibles, aux technologies maîtrisées, à la qualité et au développement des infrastructures d'énergie, aux préférences sociétales ou encore au contexte politico-économique* » (Picard, Cabaret, *op. cit.*). En Europe, le Joint Research Centre de la commission européenne (2013) souligne la forte croissance des projets *smart grids* à partir de 2006. Depuis 2010, la part des projets ayant une orientation applicative (démonstration) et donc un ancrage local sont de plus en plus nombreux. Pour Cabaret et Picard, ces évolutions traduisent une maturation de ce système technologique, lequel, même si la R&D reste importante, entre dans une phase de démonstration et marque l'entrée dans une phase de pré-commercialisation, impliquant le test de *business* modèles.

Néanmoins, selon ces auteurs, des obstacles tout d'abord d'ordre technologique, restent à dépasser :

« *Comme le système smart grids n'est ni homogène ni uniforme, le processus de maturation se déploie selon des rythmes différents (Technology Roadmap OCDE-IAE, 2011). Certaines technologies sont encore au stade de développement (contrôle et pilotage avancé, intégration de la production décentralisée par des EnR, management de la distribution, infrastructure de recharge des véhicules électriques, services aux consommateurs) quand d'autres entrent dans une phase de maturité (intégration des TIC, qualité du transport, système de comptage) (...). Au-delà des enjeux liés au développement de chaque technologie, c'est bien leur intégration au sein du système électrique dans son ensemble et leur adaptation aux spécificités nationales et locales de ce système qui importent. Ce point est crucial pour comprendre les incertitudes qui entourent encore ce système technologique à l'heure du démarrage des grands projets de démonstration et qui posent notamment des questions concernant la gestion des données ou encore le rôle des gestionnaires des réseaux de distribution.* »

Un second obstacle est le manque de visibilité à moyen et long terme concernant les perspectives de marchés et les coûts et gains associés à ces technologies.

En 2013, dans une feuille de route, l'ADEME propose une prospective technologique (à l'horizon 2030 et 2050) qui s'intéresse à l'évolution du système électrique dans son ensemble : « *Le déploiement des systèmes électriques intelligents, quelle que soit l'échelle géographique, en est à ses débuts et peut fortement évoluer, aussi bien au niveau organisationnel que fonctionnel, au cours des années à venir.* » Elle identifie notamment deux paramètres discriminant nettement l'architecture et le fonctionnement des systèmes électriques intelligents : le rôle des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) et la maille d'exploitation des systèmes électriques intelligents. Des visions contrastées de ce déploiement sont envisagées :

- *déploiement massif de solutions techniques et services à destination des gestionnaires de réseaux et faible évolution de l'architecture de gestion du système électrique ;*
- *forte intégration des NTE (et notamment des TIC) sur l'ensemble de la chaîne dans une architecture de système électrique ayant peu évolué. Un système national complètement numérique piloté par un nombre d'acteurs restreint à une échelle nationale, voire européenne, pourrait être envisagé.*

⁶ <http://www.ademe.fr>

Les NTE sont au service de l'exploitation locale de systèmes électriques intelligents ; l'utilisateur joue un rôle primordial dans la gestion de l'électricité au niveau de son territoire. Le « territoire « énergétique » met en œuvre et coordonne une politique énergétique locale, tout en gérant les éventuelles interactions avec les territoires environnants et la maille nationale » (ADEME, 2013 b).

Cette feuille de route identifie également les verrous à lever et les priorités de recherche : *« Les besoins de recherche technologique concernent le développement de technologies de planification et de dimensionnement adaptées à l'évolution des réseaux, l'évolution des équipements, notamment des réseaux de distribution et aval compteur, et la conception d'outils de gestion et d'exploitation de ces systèmes électriques intelligents. Côté équipement, les besoins prépondérants sont la miniaturisation, l'interopérabilité et la maîtrise de leur consommation. Côté exploitation, l'amélioration de la fiabilité des systèmes intégrant des technologies IP⁷ et le développement d'outils d'optimisation et de stratégies de contrôle commande, sont des points clés » (ADEME, ibid.).*

« Les méthodologies d'évaluation de coûts et bénéfices de ces systèmes et celles de quantification des nouveaux usages (potentiels de flexibilité côté demande et comptage lié à l'effacement) » sont évoquées comme « un enjeu majeur », de même que la construction de nouveaux outils économiques (valorisation de l'électricité renouvelable, solutions de tarification des services innovants, etc.) et de modèles d'affaires adaptés à chaque secteur d'activité et à chaque utilisateur final.

➤ **Une diversification des acteurs**

La configuration actuelle des REI met en évidence une diversification de la nature des acteurs impliqués dans ce système technologique (cf. schéma 2). Aux côtés des acteurs traditionnels (producteurs d'électricité, gestionnaires de réseaux, fournisseurs), deux catégories semblent jouer un rôle important : les nouveaux entrants issus le plus souvent de domaines d'activités périphériques à l'énergie, et les utilisateurs dont le rôle traditionnel est renforcé et modifié : *« Tout d'abord, les évolutions technologiques associées aux smart grids vont de pair avec l'entrée sur le marché de nouvelles catégories d'acteurs aux côtés des acteurs traditionnels que sont les producteurs d'électricité et les gestionnaires de réseaux (Enel, EDF, ERDF ...), les acteurs institutionnels (Commission de régulation de l'énergie ...) et les fournisseurs d'équipements d'énergie (Siemens, Schneider Electric ...). Parmi ces nouveaux entrants, les acteurs des TIC participent activement à la transformation de la chaîne de valeur de l'énergie en proposant des services innovants (Erlinghagen, Markard, 2012). Des acteurs tels que les organisations non gouvernementales (Greenpeace, WWF ...), les entreprises du bâtiment, les constructeurs automobiles, les laboratoires et instituts de recherche interviennent également, quoique de façon plus périphérique, dans cette chaîne de valeur en reconstruction » (Picard, Cabaret, op. cit.).*

Ainsi, aux côtés des acteurs traditionnels que sont les énergéticiens (producteurs, gestionnaires de réseaux de transport et distribution, fournisseurs), les institutionnels (commission de régulation de l'énergie, décideurs politiques) et les équipementiers du secteur de l'énergie⁸, on trouve les acteurs des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Les acteurs de l'informatique sont les groupes de services informatiques et de produits connexes comme les éditeurs de logiciels. Ils interviennent dans la gestion et l'exploitation de très grandes quantités de données et fournissent des logiciels pour le suivi de la consommation ou fournissent le « hardware » (cf. site *smart grids* de

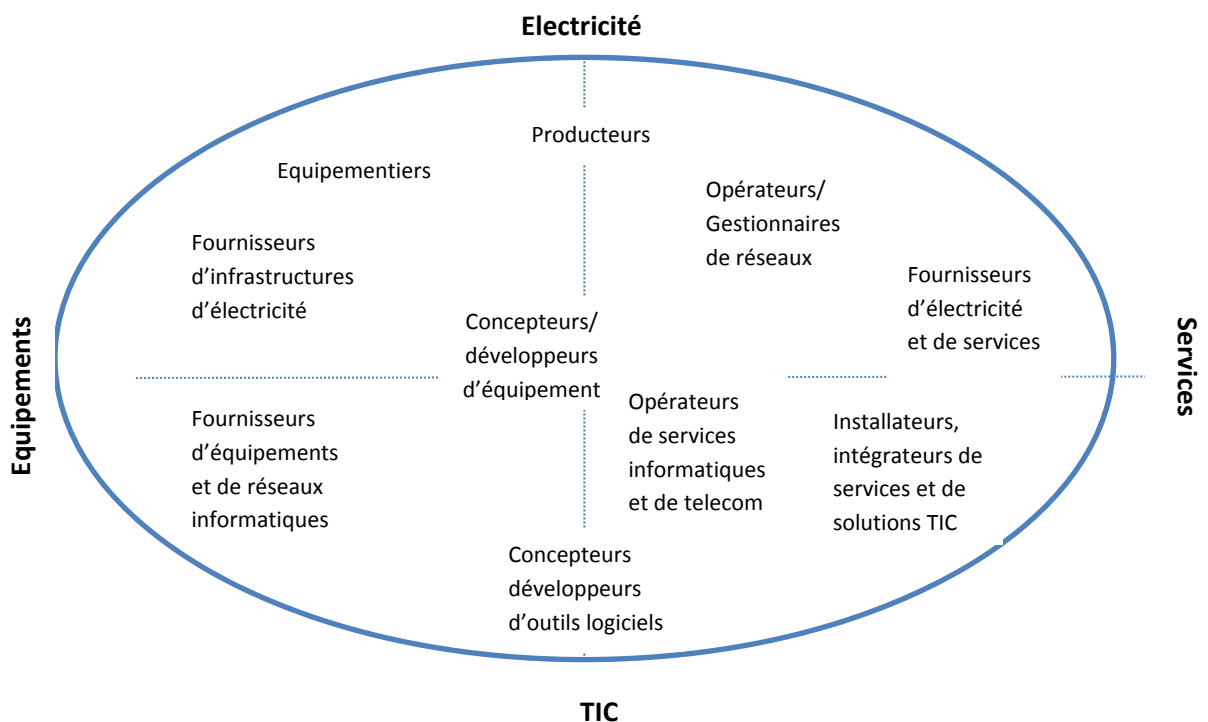
⁷ *Internet Protocol* : protocole de transmission de l'internet.

⁸ La filière industrielle électrique est constituée par les fournisseurs d'équipements et de services pour l'ensemble des acteurs des réseaux, de la production d'électricité aux consommateurs industriels, tertiaires et domestiques. Cette filière industrielle se complète par sa filière aval, constituée par l'ensemble des acteurs qui sont à l'interface entre l'industrie et le consommateur : les installateurs, les grossistes et distributeurs, les bureaux d'études, les entreprises de services de maintenance, les entreprises de chauffage et de climatisation, ou encore les opérateurs de réseau (cf. site *smart grids* de la CRE).

la CRE). Les opérateurs des télécommunications fournissent les technologies nécessaires pour rendre le système électrique plus intelligent. En effet, le déploiement à grande échelle des REI et la multitude des applications associées, les flux de données entre les distributeurs d'électricité, les fournisseurs et les consommateurs vont être très importants, ce qui nécessitera des réseaux de communication capables de les supporter. Les acteurs des télécommunications ont par ailleurs un rôle important dans le développement des objets communicants et des boîtiers, permettant de créer une interface entre les compteurs communicants et les fournisseurs par le biais d'Internet (cf. site *smart grids* de la CRE). Cette hétérogénéité des acteurs impliqués dans les REI complexifie leur coordination et la mise en œuvre de partenariats : « *Un des éléments clés de la dynamique de ce système réside dans la capacité des acteurs à élaborer des projets R&D et des stratégies en commun et à préparer le déploiement des REI avec la coopération des institutions locales* » (Picard, Cabaret, *op. cit.*).

Enfin, l'utilisateur prend une place importante et joue un rôle actif dans le système énergétique. Le concept de « *consom'acteur* » renvoie ainsi au consommateur qui, par son action, participe à la gestion de l'équilibre offre-demande d'électricité : « *La gestion en temps réel par l'ensemble des utilisateurs, qu'il s'agisse d'industriels ou de particuliers, reste un des challenges au déploiement des smart grids. Plusieurs projets pilotes et études ont montré que "[...] customers have little incentives to perform manual consumption pattern adjustments and at the same time, the effect of in-house displays with energy advices and real-time consumption information is often not as effective as it is claimed to be"* (Smart Grids ERA-Net, 2012, p. 13). Autrement dit, au-delà de l'installation de systèmes de comptage évolué avec une interface adaptée et/ou de la mise en place future d'une tarification en temps réel, il s'agit bien là d'une modification du comportement des consommateurs nécessaire mais peu traitée. Ce n'est que récemment, sous l'impulsion de la politique européenne, qu'un nombre croissant de projets se focalise sur l'engagement des consommateurs (65 projets dans le catalogue 2013 du JRC) dans le processus de transformation du système électrique. De plus, le développement et l'intégration d'unités de stockage et de production d'énergie renouvelable décentralisées contribuent également à modifier le rôle des consommateurs, on parle de « *prosumers* » (Picard, Cabaret, *op. cit.*).

Schéma 2 • Types d'acteurs de la filière des systèmes électriques intelligents



1.2. La modernisation des réseaux électriques au cœur de la politique énergétique européenne

Pour la Commission Européenne (COM/2011/202 final), les REI représentent un élément déterminant d'un futur réseau à faible intensité en carbone. En effet, les technologies des REI permettent une consommation propre avec la connexion sur le réseau de distribution de sites de production décentralisée mobilisant des EnR ; une efficacité énergétique prenant appui sur une consommation raisonnée et mieux maîtrisée grâce à la mise en place d'un système d'information interactif, symbolisé par les compteurs intelligents (Picard, Cabaret, *op. cit.*). Dans le cadre de sa politique énergétique et climatique, l'Union Européenne (UE) a ainsi construit au fil des années un environnement favorable au développement des REI.

En 2005, la Commission Européenne (CE) initie une plateforme technologique, European Technology Platform for electricity networks of the future (ETP smart grids), qui regroupe l'ensemble des parties prenantes dans le domaine des REI (CE, gestionnaires de réseaux, équipementiers, centres de recherche sur l'énergie, régulateur, acteurs des télécommunications). En 2006, elle publie un document sur sa vision stratégique pour les réseaux électriques européens du futur (ETP, 2006) puis deux agendas de la recherche stratégique à l'horizon 2020 et 2035 (Strategic Research Agenda 2020, 2007 ; SRA 2035, 2012) : « Ces documents stratégiques constituent de véritables feuilles de route guidant les activités de recherche, et fixant le rôle et les responsabilités des acteurs de la chaîne de valeur. Établies de façon concertée au niveau européen, elles contribuent à la mise en place de moyens permettant d'atteindre les objectifs 3*20. Elles orientent le programme cadre de l'Union Européenne pour la recherche et l'innovation ainsi que d'autres initiatives de R&D au niveau national et européen. Autrement dit, l'Europe s'est ici dotée d'un outil de guidance de la recherche, d'orientation des actions publiques et de création et de diffusion des connaissances sur le thème des smart grids » (Picard, Cabaret, *op. cit.*). En 2009, un groupe de travail (*Task Force*) est mis en place. Sa mission est de conseiller la CE sur les enjeux politiques et réglementaires en matière de REI (cf. site *smart grids* de la CRE).

Depuis 2010, le développement des REI est une priorité fixée par la CE. La communication « Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 » définit ainsi les REI comme « un facteur déterminant du futur réseau électrique à faible intensité de carbone, car ils facilitent la maîtrise de la demande, accroissent la part des énergies renouvelables et de la production décentralisée et permettent l'électrification du transport » (COM 2011/112/4, cité par COM 2011/202 final p.3). En 2011, la CE publie sa première communication consacrée spécifiquement aux REI (COM 2011/ 202/ final p.2), dans laquelle elle souligne les priorités suivantes : développer des standards techniques, assurer la protection des données pour les consommateurs, instaurer un cadre réglementaire favorisant le déploiement des REI, garantir un marché ouvert et compétitif dans l'intérêt des consommateurs et enfin encourager l'innovation en matière de technologies et systèmes (ADEME, *op. cit.*, Picard, Cabaret, *op. cit.*). Cette communication fait suite au lancement en juillet 2010 d'un programme de R&D, la « European Electricity Grid Initiative » (EEGI), mis en place dans le cadre du plan stratégique européen pour les technologies énergétiques par la Commission européenne pour atteindre les objectifs des « 3x20 » (Strategic Energy Technology Plan – SET Plan) (cf. site *smart grids* de la CRE).

Par ailleurs, plusieurs mesures législatives viennent impacter le développement des REI. Le déploiement des systèmes intelligents de mesure, étape majeure du déploiement des REI, figure dans le troisième paquet législatif sur la libéralisation du marché de l'électricité (2009)⁹ : « Son annexe 1, paragraphe 2, impose expressément aux états membres d'évaluer le déploiement des compteurs intelligents et de déployer 80 % de ceux ayant donné lieu à une évaluation favorable d'ici

⁹ La politique énergétique européenne est marquée par l'adoption de trois paquets législatifs sur la libéralisation du marché de l'électricité en 1996, 1998 et 2009.

2020. La même année, le parlement européen et le conseil adoptent une directive sur les énergies renouvelables (2009/28/EC) afin de promouvoir l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables » (Picard, Cabaret, *op. cit.*). Le développement des réseaux intelligents en Europe est encadré par la Directive 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique et une résolution du parlement européen sur les infrastructures énergétiques transeuropéennes (mars 2013). Chaque pays membre a pour mission de mettre en place un plan d'action avec des objectifs précis concernant la mise en œuvre des réseaux intelligents.

La politique européenne joue également un rôle de structuration des acteurs du système électrique. De nouvelles organisations apparaissent au niveau européen : la plateforme technologique européenne, la *Task Force* sur les *smart grids*, l'Agence de coopération des opérateurs de l'énergie (ACER, Agency for the cooperation of energy regulators), le réseau européen des gestionnaires de réseaux et de transport pour l'électricité (ENTSO-E, european Network of transmission system operators for electricity).

Parallèlement, les acteurs de l'industrie européenne de l'électricité se regroupent au sein de l'association EURELECTRIC (Union of the Electricity Industry) en 2006. En 2010, les fournisseurs d'électricité et les fournisseurs de services et de technologies liés aux REI se regroupent au sein de la Smart Energy Deman Coalition (SEDC). Pour Picard et Cabaret, ces réseaux d'acteurs industriels se sont développés « *indépendamment d'une impulsion européenne. Ils représentent un moyen de faire valoir la voix des acteurs industriels au niveau européen, c'est-à-dire de mener des actions de lobbying.* » Ils sont aussi « *le lieu d'incubation de projets et de montage de consortium visant au développement de technologies smart grids.* »

1.3. Le développement des REI en France

En France, le marché de l'énergie est resté longtemps dominé par des monopoles d'État, EDF (Electricité de France) pour l'électricité et GDF (Gaz de France) pour le gaz. La réglementation européenne a fait évoluer le système français dès le début des années 2000 avec notamment la dérégulation des marchés de l'énergie (production et fourniture) et la séparation des activités de transport et de distribution (cf. schéma 3). Dans le secteur de l'électricité, le transport et la distribution ont été confiés respectivement à RTE (Réseau de Transport d'Electricité) et ERDF (Electricité Réseau Distribution France) (cf. encadré 2). Aux côtés d'ERDF, on retrouve quelques distributeurs (non nationalisés en 1945) appelés Entreprises Locales de distribution (ELD)¹⁰. La France est l'un des pays de l'Union européenne où le niveau d'investissement dans le réseau de transport et de distribution est resté relativement élevé. En progression constante, la consommation électrique n'y est pas touchée par une augmentation des pics de consommation qui restent largement concentrés en hiver. Elle possède cependant deux « *presqu'îles* » énergétiques, la Bretagne et la Côte d'Azur (Items international, 2013).

¹⁰ Cf. Annexe 1 : le fonctionnement du marché de l'électricité.

Encadré 2. La gestion des réseaux publics d'électricité

La gestion des réseaux publics français est confiée à deux types d'acteurs :

- le gestionnaire du réseau de transport (RTE) qui exploite le réseau de haute et très haute tension. Le réseau public de transport de l'électricité est la propriété de RTE EDF transport, filiale d'EDF à 100 % et exploité par lui ;
- les gestionnaires des réseaux de distribution qui exploitent les réseaux de moyenne et basse tension.

Les réseaux publics de distribution sont la propriété des communes. Celles-ci peuvent déléguer tout ou partie de leur compétence d'autorité concédante à des syndicats intercommunaux ou départementaux. Si elles ne l'assurent pas elles-mêmes par le biais des régies, ces autorités concédantes ont confié la gestion de leurs réseaux de distribution à Electricité Réseau Distribution France – ERDF, filiale d'EDF à 100 %- (pour 95 % des réseaux de distribution du territoire métropolitain continental) ou à des entreprises locales de distribution (ELD) par le biais des contrats de concession. On compte environ 160 régies et ELD. Quatre d'entre elles comptent plus de 100 000 clients (cf. site de la CRE¹¹).

Schéma 3 • L'organisation du marché de l'électricité



Source : EDF

¹¹ <http://www.cre.fr>

Les Fonds démonstrateurs de recherche mis en place par l'ADEME en 2008 pour répondre aux priorités du Grenelle de l'environnement ont permis de soutenir plusieurs projets de recherche sur les REI. La majorité des démonstrateurs français portent sur des systèmes complets avec gestion de la production locale, intégration des EnR, gestion de la consommation, effacement de la demande. Les grands projets pilotes sont au centre des stratégies de marché de tous les acteurs. Ils sont majoritairement conduits par les opérateurs de réseaux électriques et les grands acteurs de l'énergie. Par ailleurs, neuf pôles de compétitivité français spécialisés dans le domaine de l'énergie et des TIC ont créé Smart Grids France, « *un dispositif de collaboration et de concertation ayant pour objectif le développement et la valorisation de la filière smart grids française* » (Items international, *op. cit.*).

En mars 2014 est publiée la feuille de route du plan « Réseaux électriques intelligents » de la Nouvelle France industrielle¹². Elle propose la mise en œuvre de 10 actions (cf. tableau 2) organisées en trois axes de travail :

- créer un groupement, un label et un annuaire des acteurs d'ici fin 2014 ;
- déployer à grande échelle en 2017 : une région qui sera choisie en 2015 portera ce déploiement ;
- organiser la stratégie à long terme en 2020 pour maximiser les retombées des réseaux électriques intelligents, doubler le chiffre d'affaires de ce secteur et pérenniser la part de l'export (cf. site *smart grids* de la CRE).

La question des besoins en compétences et en formation liés au développement des REI apparaît dans l'action 3 : « *créer une académie des REI pour bâtir une offre de formation adaptée aux enjeux de la filière en France et à l'international* ». Elle propose de « *mettre en réseau les centres de formation des industriels et les instituts d'enseignement, pour élaborer une offre adaptée aux besoins des industriels français et anticipant les enjeux futurs de la filière.* ».

En termes d'emplois, la feuille de route indique que « *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'affaires 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 territoire. La filière emploie actuellement 15 000 personnes en France, hors opérateurs de réseaux, universités et centres de recherche publics, pour un chiffre d'affaires estimé à 3 milliards, dont une bonne moitié à l'export.* »

Par ailleurs, le 25 juin 2014, la commission de régulation de l'énergie rend ses recommandations pour accompagner le déploiement des REI. Ces recommandations ont pour objectifs :

- *de favoriser le développement de nouveaux services pour les utilisateurs des réseaux publics de distribution basse tension ;*
- *d'accroître la performance des réseaux publics de distribution d'électricité en basse tension ;*
- *de contribuer à la performance globale du système électrique* » (CRE, 2015).

En novembre, RTE et les gestionnaires de réseaux de distribution (GRD) d'électricité desservant plus de 100 000 clients ont transmis des feuilles de route de mise en œuvre des recommandations.

¹² Nouvelle France industrielle est le nom donné aux plans de réindustrialisation de la France mis en place par le gouvernement français et présentés le 12 septembre 2013 par le président François Hollande et Arnaud Montebourg, ministre du Redressement productif. Dominique Maillard, Président du directoire de RTE, est le pilote du plan « réseaux électriques intelligents ».

Tableau 2 • Les actions de la feuille de route du plan « Réseaux électriques intelligents »

1	Créer un groupement pour fédérer la filière REI en France et en assurer la promotion	RTE
2	Organiser la promotion à l'international de la filière	ERDF
3	Créer une académie des REI pour bâtir une offre de formation adaptée aux enjeux de la filière	Instituts Carnot
4	Mettre en place une structure pour accompagner les jeunes pousses	SmartGrids France
5	Maximiser les retombées en termes de création d'emploi et de valeur pour la collectivité du déploiement des REI en France et à l'export, tout en minimisant l'empreinte environnementale	RTE
6	Organiser un déploiement à grande échelle des réseaux électriques intelligents en France	ERDF
7	Mettre en place sur des campus universitaires un réseau électrique intelligent expérimental / plateforme d'innovation	CEA
8	Renforcer l'efficacité de l'action française en matière de normalisation sur les REI	Schneider Electric
9	Définir la stratégie R&D de la filière REI	Instituts Carnot
10	Organiser un concours d'idées pour l'émergence et le déploiement de solutions innovantes portées par des jeunes pousses	SmartGrids France

Source : feuille de route de route du plan « réseaux électriques intelligents », NFI.

Il faut aussi noter que le développement des réseaux intelligents concerne l'ensemble des réseaux d'énergie. Plusieurs projets visant à mettre en place des approches multi-énergies à une maille locale ont été lancés. *« En utilisant les nouvelles technologies de l'information et de la communication (capteurs, actionneurs, systèmes locaux de traitement des informations, etc.), cette approche pourrait rendre possible l'optimisation du système énergétique local, un renforcement de la sécurité d'approvisionnement et une plus grande intégration des ressources renouvelables. A ce jour, les synergies et les interactions entre ces différents réseaux restent à identifier plus précisément. »*

La CRE demande ainsi aux GRD de plus de 100 000 clients, de *« préciser les optimisations du système énergétique local que pourrait apporter une plus grande coordination entre les différents réseaux d'énergie et une mutualisation de certains équipements »* et *« d'identifier les impacts d'une interaction forte entre les différents réseaux énergétiques sur la gestion globale des réseaux d'électricité et de gaz naturel »* (CRE, 2015).

La réglementation française sur les réseaux électriques intelligents ne concerne aujourd'hui que le déploiement des compteurs communicants (décret n° 2010-1022 du 31 août 2010) (ADEME, 2013). La France a procédé à l'expérimentation du compteur communicant Linky, qui s'est achevée en mars 2011. Elle a fait l'objet d'une évaluation par la CRE qui a recommandé la généralisation du dispositif. (Items international, *op. cit.*).

Par ailleurs, la loi NOME de décembre 2010, prévoit *« une nouvelle organisation du marché de l'électricité »* et a pour objectif de créer des conditions permettant une véritable ouverture de la concurrence. Par ailleurs, la loi spécifie que *« chaque fournisseur d'électricité contribue, en fonction des caractéristiques de consommation de ses clients, en puissance et en énergie, sur le territoire métropolitain, à la sécurité d'approvisionnement en électricité »* (cité par ADEME, 2013). La loi prévoit ainsi la mise en place d'un mécanisme de capacité. Fin 2012, le décret visant à mettre en place ce mécanisme sur le marché de l'électricité a été publié, certaines règles restant à préciser. Il

s'appuie selon l'ADEME sur deux piliers : « *la rémunération de la disponibilité des moyens de production ; la stimulation de la réduction de la consommation d'électricité aux heures de pointe grâce à des opérations de flexibilité.* »

Les réseaux électriques intelligents : éléments de cadrage

Résumé

Les REI sont considérés comme une condition essentielle de la transition énergétique. En effet, ils permettent de gérer de façon optimale la production et la consommation d'électricité, d'améliorer l'efficacité énergétique et d'intégrer les sources d'EnR. Ils font appel à une diversité de technologies issues des TIC, intégrées au système électrique et aux stratégies de gestion de ce système. Depuis dix ans, des expérimentations de plus en plus nombreuses sont menées à travers le monde. Les REI sont aujourd'hui dans une phase de démonstration, marquant l'entrée dans une phase de pré-commercialisation. Néanmoins, des obstacles demeurent, d'ordre technologique mais aussi économique. En effet, le manque de visibilité sur les perspectives de marché et les coûts et gains associés à ces technologies est souligné.

Les REI préfigurent ainsi une évolution du système électrique d'un point de vue technologique mais aussi organisationnel, avec une hétérogénéité des acteurs impliqués. Ils se situent au croisement de plusieurs filières : énergie (producteurs, transporteurs, distributeurs et fournisseurs d'électricité) ; équipement de réseaux électriques (fabricants d'équipements électriques et numériques) ; les nouvelles technologies de l'énergie (EnR - entreprises spécialisées de l'éolien, du photovoltaïque, etc. - et stockage de l'énergie - entreprises de conception et de fabrication de batterie, entreprises spécialisées sur le stockage d'hydrogène, etc.) ; et enfin les technologies numériques (logiciel, technologies de communication des données, microélectronique) (AEPI, 2016). L'utilisateur prend également une place importante et joue un rôle actif dans le système énergétique.

Depuis 2010, le développement des REI est une priorité fixée par la CE. En France, l'action publique soutient les programmes de R&D et de démonstrateurs, via des programmes d'aide (Investissement d'avenir, Ademe, AnR, pôle de compétitivité, etc.). Les REI ont été identifiés en 2013 comme un domaine industriel à haut potentiel de croissance inscrit dans les 34 plans de la Nouvelle France Industrielle (AEPI, *op. cit.*). La problématique des besoins en formation liés au développement des REI est identifiée dans la feuille de route du plan « Réseaux électriques intelligents », publiée en 2014, qui prévoit de « *créer une académie des REI* », en mettant en réseau les centres de formation des industriels et les autres modalités de formation dans l'objectif de construire une offre de formation adaptée aux enjeux de la filière.

2. Les besoins en emplois et en compétences du point de vue des acteurs interviewés

Le Conseil national de la formation professionnelle tout au long de la vie (CNFPTLV) a identifié la filière des REI comme l'une des filières concernées par les évolutions de compétences relatives à la transition écologique en France (CNFPTLV, 2015). Il souligne que l'évolution de la filière éco-électrique¹³ se traduit par des besoins accrus en comptage, automatisation (capteurs, effacement, etc.), en connectique (qui entraîne une modification des dispositifs de maintenance), en gestion intelligente des flux (intermittence, effacement des pics, etc.). Les services et activités les plus concernés sont l'électrotechnique, « du technicien de base à l'ingénieur, de l'électricien au thermicien en passant par les électroniciens et instrumentistes », l'hygiène, santé, sécurité, environnement (*facility managers*, responsables HSE) pour les sites industriels et tertiaires, la recherche et développement (ingénieurs) pour l'écoconception de produits innovants. Le rapport précise également que les services financiers doivent monter en compétences pour prendre en compte les nouveaux impacts liés aux changements réglementaires, et les services marketing doivent adapter la communication et l'information produites.

Le CNFPTLV souligne par ailleurs, que la filière est confrontée à un problème de flux de main d'œuvre. Le secteur industriel amont/aval accuserait en effet un déficit de l'ordre de 50 000 personnes. Cette situation serait due à la faible attractivité des métiers de la production industrielle et à un déficit de techniciens, liés à un fort taux de poursuite d'études après un BTS ou DUT, mais aussi à la faible promotion interne des premiers niveaux de qualification.

Concernant le champ qui intéresse l'étude, à savoir le transport et la distribution d'électricité, quels sont les besoins en emplois et en compétences d'ores et déjà anticipés par les équipementiers d'une part, et par les gestionnaires de réseaux, d'autre part ? Lorsque l'on interroge ces acteurs sur l'impact du déploiement des REI sur les activités de leur entreprise, c'est la diffusion et le développement des technologies de l'information et de la communication sur les emplois existants et les métiers en place, qui sont principalement mis en avant. Cette évolution implique la mise en œuvre de nouvelles compétences, mais celles-ci ne sont pas toujours bien identifiées. Par ailleurs, les besoins en emplois concernent essentiellement des personnels très qualifiés et ne sont pour l'instant pas conséquents. Seule ERDF prévoit des créations d'emplois en vue du déploiement du compteur communicant.

2.1. Entre incertitudes et prudence : aller au-delà des expérimentations pour avoir une vision claire de l'évolution des métiers et des besoins en emplois

Les transitions professionnelles induites par le développement des REI sont, pour les personnes interviewées (cf. encadré 1), marquées par de nombreuses incertitudes. Ce manque de visibilité sur l'évolution des métiers est associé au fait que les réseaux électriques intelligents en sont aujourd'hui à un stade expérimental, ce qui ne permet pas d'identifier de manière précise l'impact sur les différentes activités professionnelles : « On y réfléchit mais à vrai dire, tant qu'on n'en est pas à la fin de notre démonstrateur, c'est quand même un peu compliqué (...) le modèle de réseaux intelligents, il n'est pas fixé » (syndicat d'énergie)¹⁴, « Il y a des points à l'heure actuelle où on est aussi à la limite

¹³ La filière éco-électrique regroupe cinq fédérations et syndicats : la fédération française des entreprises de génie électrique et énergétique (FFIE), la fédération des grossistes en matériel électrique (FGME), le groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle commande et des services associés (Gimélec), les industries du génie numérique, énergétique et sécuritaire (Igenes), le syndicat des entreprises de génie électrique et climatique (Serce). La filière des REI est une filière dite en construction ; elle intègre en effet de nouveaux acteurs, comme ceux de l'informatique ou des télécommunications.

¹⁴ Les propos des personnes interviewées sont reproduits « en italique ».

de la recherche, de l'expérimentation (...) Je crois qu'il faut aller au-delà de ces expérimentations-là pour que ça devienne des métiers clairs par rapport à une généralisation » (IGEN).

Les changements dans le domaine de l'énergie sont en outre décrits comme relativement « lents », dépendants des réglementations et des choix politiques : « *On sait que les changements, ça passe beaucoup par le réglementaire et les changements finalement sont assez lents (...) et il y a souvent un décalage assez fort entre ce qu'on imaginait arriver et ce qui arrive réellement. Et le poids de l'historique, de l'existant est quand même très fort, et je dirais même il y a un certain lobby aujourd'hui... on pourrait discuter des choix énergétiques mais on n'est pas encore dans un domaine où tout est énergies renouvelables »* (gestionnaire de réseaux de distribution). Ils rappellent ainsi que plusieurs « scénarios de transition » sont envisageables, dépendants de ces « variables exogènes. »

D'une manière générale, les propos révèlent la difficulté d'évaluer l'impact du développement des REI sur les métiers, à définir précisément quelles activités ou missions vont évoluer, quels nouveaux métiers vont émerger, et quelles nouvelles compétences vont être nécessaires. Les réflexions sur ces questions apparaissent par ailleurs inégalement avancées. Si, pour certains, les besoins en compétences semblent s'esquisser, « *les besoins en compétences, on commence à les pointer* », d'autres en revanche sont plus prudents : « *c'est un peu boule de cristal là ce que je vous dis* ». Et même lorsque de nouveaux métiers émergent d'ores et déjà, ils sont décrits comme n'étant pas « *forcément bien définis aux pourtours*. »

« Donc il y a la R&D qui est impactée par ces réseaux intelligents, puis il y a des métiers plus opérationnels, les équipes d'audit énergétique et ensuite de solutions de services, c'est-à-dire qu'elles sont les solutions à mettre en œuvre... donc c'est un peu plus des ingénieurs d'affaires, mais qui ont également une approche réseaux électriques... Ce ne sont pas que des proposant de solutions, ils vont plus loin, ils vont jusqu'à l'efficacité... un gain sur les coûts énergétiques. Ce sont des métiers qui émergent, qui ne sont pas forcément bien définis aux pourtours, qui vont certainement encore évoluer... » (équipementier).

Le constat est le même pour une agence régionale qui conseille les collectivités territoriales en matière, notamment, d'économie d'énergie et de promotion des EnR. Même si certaines prêtent un intérêt aux questions liées aux REI, surtout lorsqu'elles ont des projets de développement des EnR, elles formulent pour l'instant peu de demandes. Les collectivités apparaissent ainsi « *plutôt en attente d'applications concrètes sur leur territoire* ».

« Il n'y a pas énormément de demandes pour l'instant (...) elles [les collectivités] se font plutôt... démarcher entre guillemets, dans le sens où... (...) elles sont plutôt dans l'attente d'applications concrètes sur leur territoire et... c'est vrai qu'on en est à des phases d'expérimentation pour les différentes initiatives qu'il y a au niveau national, on n'en est pas encore à la phase d'application (...) Après, il y en a quand même quelques-unes qui se posent la question... surtout sur des territoires où c'est un peu plus tendu au niveau réseaux, elles s'y intéressent quand même de près, surtout si elles ont des objectifs ambitieux en termes de développement de l'éolien par exemple, ça peut... devenir problématique en 2050 par exemple. Donc elles s'y intéressent, elles restent en veille et nous, on est là pour répondre à leurs questions si elles ont des interrogations... » (agence régionale pour l'environnement).

➤ **Les démonstrateurs : une présence stratégique pour appréhender les changements futurs et les marchés à venir**

Pour les gestionnaires de réseaux et les grands groupes industriels, la question du développement des REI est traitée *via* l'investissement dans la R&D. L'implication dans des grands projets, tels les démonstrateurs technologiques, dans des groupes de travail ou dans divers réseaux, est au centre des stratégies de marché de l'ensemble de ces acteurs.

« Dans notre stratégie, on a trois grandes cibles, une première cible qui est de développer une approche assez ouverte en R&D avec un écosystème R&D qui inclut des académiques, des start-up, des grands groupes en fonction des domaines qu'il faut rajouter, de nous développer sur des nouveaux métiers donc là faire des acquisitions ou créer une société commune (...) et ensuite de nous lancer dans des grands démonstrateurs technologiques avec des clients qu'on pense être des clients un peu pilotes sur ces domaines-là, donc il y a beaucoup les américains, les européens, au Danemark par exemple, et en France avec RTE et ERDF qui sont des locomotives (...) On est impliqué dans les pôles de compétitivité (...) On a essayé de fédérer un petit peu les différentes initiatives. Le tout en lien avec la communauté européenne et les US, la global market federation avec une volonté de développer une activité mondiale sur ce sujet-là. Nos centres de développement R&D et d'intégration ingénierie sont aux US, en Europe. » (équipementier)

« On travaille avec un certain nombre de partenaires industriels, des grands acteurs français du domaine de l'électrotechnique, alors en particulier on a un certain nombre de projets avec entreprises A et B et aussi des entreprises de moindre taille, là y a un projet de postes intelligents où on travaille avec une start up, on travaille sur d'autres sujets avec des starts up qui travaillent plutôt dans la modélisation mathématique. Donc ça, c'est pour les grands opérateurs industriels mais on travaille aussi avec par exemple ERDF ou les acteurs du monde de l'énergie, comme les opérateurs de parcs de production éolienne. » (gestionnaire du réseau de transport)

Pour les plus petites structures, comme les ELD, qui n'ont pas de capacité de R&D, la participation à des démonstrateurs s'avère également stratégique. Elle permet en effet de rencontrer les différents acteurs de la filière, de comprendre les changements à venir, notamment au niveau technologique, d'anticiper les activités qui seront amenées à se développer et ainsi d'identifier les compétences qui devront être mises en œuvre : « On n'a pas la capacité à pouvoir travailler sur ces sujets et financer ces sujets-là, comme le font les grandes entreprises. Donc le fait de le faire par l'expérimentation, ça permet aussi de comprendre ce qui va arriver » (gestionnaire de réseaux de distribution). De même, pour un syndicat d'énergie, l'implication dans un démonstrateur à l'échelle d'un département marque une avancée considérable sur la question des REI : « on a ce démonstrateur, on est quand même très en avance pour une collectivité, de se lancer dans un tel projet. »

La mise en œuvre d'expérimentations est également soulignée, telle l'installation de compteurs Linky ou de systèmes de comptage multi-fluides, ainsi que le « test » de nouveaux services qualifiés d'innovants, comme l'installation de bornes de recharge pour véhicules électriques : « On est vraiment dans une logique de dire, on regarde ce qui se fait de nouveau, d'innovant sur ce secteur-là et on teste. On teste et on essaye de construire un retour d'expérience, en disant déjà est-ce que la technologie est fiable, est-ce que ça nous intéresse, est-ce qu'on est capable de l'utiliser ou de construire un service à partir de ça. » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD).

Ces activités liées aux REI sont initiées au sein de services « innovation », « smart energy », qualifiés de « petites structures » amenées à se développer. Un besoin de compétences nouvelles est mis en avant, avec l'apparition de nouveaux métiers de chef de projet ou encore d'expert, capables d'appréhender la complexité des divers sujets connectés aux REI. Les profils sont essentiellement des salariés avec des formations d'ingénieurs, mais on retrouve également des marketeurs ou des spécialistes de la communication.

« Le « développement innovation », ce service entre guillemets, c'est un petit service mais... on sent... comment dire... que ça prend de l'ampleur, on se doute que... comment dire... les flexibilités, tout ce qui est pilotage dynamique du réseau, ce qu'on ressent c'est que ça va prendre de l'importance et que c'est vraisemblablement une des futures compétences des collectivités » (syndicat d'énergie).

« Donc aujourd'hui c'est une petite structure que j'ai voulu moi très transverse, c'est aussi une façon d'aller mettre en relation les différentes compétences de l'entreprise (...) J'ai une équipe transverse que je pioche dans les différents métiers de l'entreprise, il y a des « techniciens », en général ... c'est surtout des gens qui ont une formation ingénieur d'assez bon niveau, qui souvent ont fait des compléments en école de commerce ou autre, donc qui sont capables d'aller sur pas mal de terrains, à la fois techniques mais aussi économiques, marketing, j'ai des marketeurs, j'ai des gens de communication, donc j'anime une petite équipe très variée en termes de profils et qui du coup prennent la responsabilité soit... comme chefs de projet de ces démonstrateurs, soit d'experts, de référents clients par exemple, donc ça aussi c'est quelque chose qui émerge au sein de ces équipes (...) Typiquement, il y a dix ans, il n'y avait pas de chef de projet, donc ça c'est une nouvelle compétence qui a largement émergé ces dernières années » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD).

➤ **Entre recrutements stratégiques et politique d'embauche contrôlée**

A ce stade, la plupart des acteurs interviewés soulignent que les besoins en emplois ne sont pas conséquents, même s'ils vont s'amplifier dans les années à venir : « Il y aura une montée en charge sur ce segment (...) il n'y a pas d'urgence mais c'est une tendance de fond » (équipementier) ; « Pour l'instant, cela reste au stade expérimental... C'est pour ça que je vous dis que c'est une niche, faut être honnête... C'est une niche qui normalement est amenée à se développer... » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche). La difficulté des petites entreprises à investir à l'heure actuelle le créneau des *smart grids*, est également évoquée, avec un marché qui serait surtout à l'international :

« Chez nous, on a fait le test il y a deux ans, on s'est dit qu'on allait rapidement monter en charge sur le sujet [efficacité énergétique] et finalement on n'a pas eu le succès escompté (...) D'ailleurs, sur le créneau *smart grids* d'année en année, il y a quand même un taux de mortalité assez élevé, on a beaucoup d'entreprises qui se lancent sur le secteur et en général, elles ne durent pas très très longtemps, on a les grands groupes qui perdurent parce qu'ils ont une force de frappe impressionnante (...) Je ne connais quasiment aucune boîte qui vit des projets français *smart grids*, tout le monde se tourne vers l'étranger là-dessus » (SSII).

Ainsi, pour un établissement d'enseignement supérieur et de recherche ayant ouvert un diplôme d'ingénieur avec une « coloration *smart grid* », si cette dernière apporte une plus-value, elle ne répond néanmoins pas, à elle seule, aux attentes des entreprises, qui recherchent avant tout des ingénieurs en systèmes électriques. Le recrutement de profils de salariés « *smart grid* » demeure ainsi pour l'instant « stratégique » : « Les formations ou les profils que j'ai cités tout à l'heure restent stratégiques... on en a déjà chez nous mais c'est appelé à se développer » (équipementier) ; « Cela ne va pas concerner des centaines d'emplois chaque année en France (...) J'ai le sentiment que ça répond malgré tout à un vrai besoin, enfin tout le monde se dit c'est l'avenir... » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

« C'est un diplôme d'ingénieur spécialité systèmes électriques avec une coloration *smart grid*. Il n'y a pas que ça. Il n'y aurait que ça, ça resterait quand même... au jour d'aujourd'hui, après tout, qu'une niche. C'est quelque chose de porteur pour les années à venir, c'est pour ça que c'est important que les futurs ingénieurs soient déjà dans cette mouvance, qu'ils sachent ce que c'est et qu'ils soient capables de mettre ça en place, mais ce n'est pas que ça » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

Enfin, la suppression de certains emplois est également signalée. Une ELD a ainsi choisi de faire appel à l'intérim pour la relève des compteurs, activité amenée à disparaître complètement avec le déploiement des compteurs communicants, ou de recruter des profils de salariés qui pourront évoluer vers d'autres fonctions : « On a eu la sagesse sur les emplois les plus menacés, notamment la

relève, de faire en sorte qu'on soit sur une politique d'embauche, depuis quelques années, qui soit quand même assez contrôlée. Soit s'assurer que l'agent qu'on embauche pourra évoluer sur d'autres fonctions dans l'entreprise, soit d'avoir recours à l'intérim. »

2.2. Du côté des équipementiers

La filière industrielle électrique est constituée par les fournisseurs d'équipements et de services pour l'ensemble des acteurs des réseaux, de la production d'électricité aux consommateurs industriels, tertiaires et domestiques. Ils sont des acteurs majeurs dans le domaine des réseaux électriques intelligents car ce sont leurs produits et leurs services, issus de la R&D, qui répondent aux besoins des producteurs et des gestionnaires de réseaux (cf. site *smart grids* de la CRE). Pour les équipementiers interviewés, les activités liées aux REI sollicitent une maîtrise de compétences issue de deux champs disciplinaires différents, l'électrotechnique et les technologies de l'information. Aujourd'hui, les besoins se concentrent essentiellement au niveau ingénieur et le recrutement de ces profils « REI » se focalise sur les sortants de grandes écoles. En effet, les REI en sont encore à un stade expérimental, la R&D demeure importante et nécessite le recours à une main d'œuvre très qualifiée.

2.2.1. Les activités liées aux REI

Pour les équipementiers interviewés, les activités de leur entreprise en lien avec les REI s'articulent autour des solutions technologiques pour automatiser les réseaux électriques¹⁵ : « *energy automation* », « *power electronic automation* ». Ils sont également impliqués sur les aspects liés à l'effacement, la gestion du client, sous l'angle IT (technologies de l'information).

« L'électronique automatisée de puissance qui correspond en gros à la définition du smart grid par [entreprise A]. Donc ça couvre des technologies qui vont de la conversion courant continu/alternatif, électronique de puissance, de l'automatisme pour les postes électriques, pour les réseaux, pour les rendre plus intelligents jusqu'au niveau... pour les centres d'information, de pilotage, d'optimisation énergétique opérés par les opérateurs de réseaux ou les agrégateurs énergétiques qui sont les différents acteurs du segment du smart grid » (équipementier).

« Ce sont toutes les solutions proposées par [entreprise B] pour automatiser les réseaux électriques, si on entre un peu dans le détail, ce sont les solutions de protection contrôle commande de poste et toutes les solutions intelligentes pour protéger, superviser les postes et donc ça comprend aussi un certain nombre d'applications smart grids. Donc voilà, on travaille avec des gens comme RTE, ERDF, EDF, des grands industriels, des sociétés qui exportent également des solutions... donc des solutions clés en main dans d'autres pays » (équipementier).

Par exemple, pour une entreprise, les activités « *smart grids* » correspondent à trois segments de produits : « *l'électronique de puissance et tout ce qui est batterie connectée au réseau, en lien avec le stockage. Deuxième élément, l'automatisme des réseaux transport et distribution, et troisième élément les centres de contrôle et de supervision, tout ce qui est IT, qui pilote et optimise le réseau* » (équipementier). Pour les équipementiers, il ne s'agit pas réellement de nouvelles activités. De nouveaux applicatifs (liés à la production distribuée, à l'intégration des données de comptage, à la gestion du véhicule électrique, etc.) viennent s'intégrer à des systèmes d'information existants. Ainsi, même si le segment de l'effacement est « *un nouveau métier* », il est « *rajouté par-dessus des plateformes IT qui existent.* »

« Alors ce n'est pas une nouvelle ligne de produits pour nous, c'est une évolution d'une activité qui existe depuis plus de 30 ans chez nous et dans laquelle on rajoute des nouvelles grilles fonctionnelles, des nouveaux applicatifs, notamment les applicatifs liés à l'effacement, la gestion

¹⁵ Cf. Annexe 2 : le fonctionnement du système électrique.

de l'effacement, liés à l'intégration des données de comptage, liés à la gestion de tout ce qui est production diffuse, production distribuée, gestion du véhicule électrique. Enfin, tous ces nouveaux usages qui sont de nouveaux applicatifs qui viennent s'intégrer à des gros systèmes d'information existants » (équipementier).

Les innovations et nouveaux produits concernent surtout le segment de la distribution. En effet, l'automatisme du réseau haute tension existe déjà, même s'il connaît des évolutions technologiques.

« L'automatisme du réseau haute tension, c'est quelque chose qui existe depuis un certain temps, alors ça évolue aussi, on a un projet qui s'appelle poste intelligent avec RTE (...) Aujourd'hui, il y a beaucoup d'innovations sur le segment de la distribution (...); le besoin croissant des énergies renouvelables fait qu'on a besoin de plus en plus de stockage, on est amené à connecter des batteries aux réseaux et là ça correspond à la réalisation de convertisseurs de puissance qui permettent de connecter la batterie avec le réseau. Là, c'est carrément des nouveaux métiers pour nous, des nouveaux produits » (équipementier).

2.2.2. Des métiers qui évoluent vers des compétences en électrotechnique et technologies de l'information...

D'après les équipementiers interrogés, le développement de ces activités demande une maîtrise de compétences appartenant à des champs disciplinaires différents, l'électrotechnique et les technologies de l'information : *« je dirais la paire gagnante, c'est la connaissance de l'application électrotechnique et la connaissance des applications... des architectures IT. Donc... cette compétence est de plus en plus demandée, elle est nécessaire... pour développer ces activités-là » (équipementier).*

Ils expliquent ainsi que les métiers ont évolué depuis une trentaine d'années. Avant l'introduction des technologies numériques dans les réseaux électriques, il y avait deux activités séparées : les applications électrotechniques et le contrôle électrique, qui requéraient des compétences en électrotechnique et en relais électriques :

« On avait une segmentation assez forte alors... dans le métier des réseaux électriques, il y a une trentaine d'années en arrière, voire quarante ans en arrière. On n'avait pas vraiment de technologies numériques ou très peu. C'est-à-dire qu'il y avait des équipements qu'on qualifiait d'ailleurs de relais, avec peu de composants électroniques, pas de microprocesseurs et donc beaucoup d'éléments discrets... et donc il y avait des gens qui étaient responsables des applications électrotechniques et d'autres qui étaient responsables de ce qu'on appelait le contrôle électrique, c'est-à-dire la remontée des informations et les circuits de commande. Et c'était deux métiers complètement séparés » (équipementier).

Avec la numérisation et la miniaturisation, les ingénieurs protection (électrotechniciens) ont dû développer des compétences en informatique. Les équipements numérisés ont ensuite été interconnectés, ce qui a demandé l'acquisition de connaissances sur les réseaux informatiques appliqués aux postes électriques. De même, les salariés spécialisés dans le contrôle électrique ont vu leur métier se transformer avec la numérisation et le développement des communications inter-équipements.

« Avec la numérisation et la miniaturisation, on a mis dans une petite boîte beaucoup de fonctions et donc on a finalement rapproché les applications électrotechniques de l'aspect traitement de l'information. Et donc les gens qui étaient autrefois purement électrotechniciens, voire un peu mécaniciens aussi, parce qu'il y a avait pas mal d'éléments discrets (...) donc les ingénieurs protection ont dû migrer vers des compétences informatiques donc doivent bien sûr continuer à avoir leur base de compétences en électrotechnique mais ils doivent manier des outils qui sont des outils informatiques pour... paramétrer, tester leurs équipements ou les équipements qu'ils mettent en service (...) Deuxième grande tendance, c'est que, après la première vague de

numérisation des équipements, il y a eu, pour faire simple, une deuxième vague qui a été d'interconnecter les équipements les uns avec les autres. Et là, les gens qui avaient cette compétence électrotechnique plus cette compétence informatique, mais qui était on va dire utilitaire pour leur métier, ils ont dû ensuite développer une nouvelle compétence qui est en fait la façon de faire communiquer les boîtes entre elles, donc une compétence de communication inter-équipements et c'est à nouveau un changement parce que ça implique d'avoir des connaissances sur les réseaux informatiques appliqués aux postes électriques, même si c'est une connaissance générale, il faut quand même l'avoir, et cela a également modifié la façon de réaliser l'ingénierie de ces boîtes élémentaires » (équipementier).

« Pour les gens qui étaient spécialisés non pas en électrotechnique mais dans la façon de remonter les infos et de les diffuser, ce que j'appelais le contrôle tout à l'heure, la numérisation et le développement des communications inter-équipements leur a fait changer complètement de métier, parce qu'ils ont dû automatiser beaucoup plus de fonctions, et aussi apprendre à gérer la façon d'interconnecter les équipements entre eux, voire d'échanger des informations d'un poste électrique à un autre. Pour cette catégorie de personnes, ça a été aussi un gros changement » (équipementier).

Enfin, des compétences en technologies de l'information sont de plus en plus nécessaires dans ces métiers.

« Et pour finir, la tendance pour tous ces métiers-là, c'est d'aller vers beaucoup plus d'IT parce qu'on a une tendance où on va finalement un peu dématérialiser les fonctions et on va être capable de faire réaliser des fonctions sur des environnements informatiques distribués voire même distants du poste électrique. Donc des applications qui sont bien positionnées dans un poste aujourd'hui, pourront demain être positionnées sur un site distant pour telle ou telle raison (...) De même, une des tendances... c'est une tendance inverse mais qui n'est pas contradictoire, qui va être de distribuer des applications sur un nombre plus important de sites, puisque les systèmes de communication inter-postes vont devenir de plus en plus performants et puissants » (équipementier).

Ces évolutions impliquent donc la mise en œuvre de compétences appartenant à des domaines de formation différents : sont citées l'électrotechnique, l'informatique industrielle et les technologies de l'information. Si le besoin de compétences dans le domaine de l'IT s'accroît fortement et si les entreprises recrutent des salariés venant des télécoms, les personnes interviewées insistent cependant sur la nécessité de connaître les applications électrotechniques.

« Pour mettre en œuvre ces systèmes, il y a besoin de compétences électrotechniques, connaître les réseaux électriques, les problématiques électrotechniques du réseau électrique et puis aussi, il faut des connaissances en informatique industrielle, pour l'aspect communication, l'aspect automatisation, et aussi des compétences en IT, pour la mise en œuvre des applications de plus haut niveau qui vont venir contrôler un périmètre géographique donné. C'est trois grandes compétences à avoir (...) Ce qu'on appelle l'IT, c'est-à-dire la maîtrise d'environnement logiciel, que ce soit des bases de données, que ce soit de la communication, que ce soit des protocoles métier, que ce soit la répartition d'applications sur les différents serveurs, voilà ce que j'appellerais l'IT » (équipementier).

« Alors il y a des gens qu'on recrute du domaine de l'IT, qui viennent des intégrateurs IT, de consultants IT, des choses comme ça... Sur l'électronique numérique effectivement, c'est plus des métiers qui viennent des télécoms mais y a quand même une connaissance applicative propre à l'énergie qui est particulière » (équipementier).

2.2.3. ... concernant des personnels très qualifiés

Aujourd'hui, les salariés travaillant sur les REI sont très qualifiés, ingénieurs ou docteurs, qui ont en charge la conception de nouvelles solutions technologiques. Le recrutement de techniciens concerne des métiers plus opérationnels (mise en service, développement logiciel, etc.).

« On est en phase de R&D donc on est plus sur le niveau ingénieur. Quand on va rentrer dans une phase plus opérationnelle de déploiement, de mise en service (...) à mon avis, ça va vite toucher les techniciens, ouvriers et cetera. (...) Nous on fournit les équipements, on les conçoit... (...) Il y a un fort appel sur des doctorants, des ingénieurs pour concevoir et inventer de nouvelles solutions technologiques (...) Dans nos équipes aujourd'hui on a des BTS, techniciens, sur des métiers qui sont liés en particulier à... mise en service, support, même au développement logiciel. Et ensuite, métiers d'ingénieurs surtout au niveau des métiers de conception, conception logiciel, conception d'architecture, et ingénieur suivi de projet dans le domaine du logiciel » (équipementier).

D'une manière générale, le recrutement se focalise sur les sortants de quelques grandes écoles spécialisées. Sont citées Supélec (Ecole supérieure d'électricité), Centrale, l'INPG (Institut polytechnique de Grenoble) ou encore de grandes écoles de télécommunication. Ces jeunes diplômés sont ensuite formés en interne aux technologies développées par l'entreprise, avec notamment l'objectif de leur faire acquérir les compétences « pluridisciplinaires » associées aux REI. Les équipementiers sont également engagés dans des projets de R&D collaboratifs impliquant des laboratoires de recherche de grandes écoles ou d'université, qui leur permettent d'identifier et d'intégrer des personnes « spécialistes » des REI et directement opérationnelles.

« On fait pas mal confiance à des jeunes diplômés, que l'on recrute, que l'on sélectionne, qui va permettre d'avoir un panel de gens qui vont être intéressés par l'application, le métier donc l'aspect... solution électrotechnique et qui sont capables de s'intéresser aussi aux aspects technologiques et qui sont enclins à évoluer aussi (...) On a un peu tous les profils, Supélec, Centrale, INPG, et donc dans le groupe INPG, il y a des écoles qui sont spécialisées en électrotechnique, on a aussi des personnes issues de l'université donc... on a un peu tous les profils et ces dernières années, on a recruté plusieurs jeunes ingénieurs et donc on les forme à nos technologies, et on essaie aussi de les rendre plus pluridisciplinaires au fur et à mesure de leur avancement » (équipementier).

« On a (...) des relations privilégiées avec un certain nombre d'universités qu'on reconnaît pertinentes dans les domaines que je vous ai cités. Par exemple à Grenoble, l'INPG ou le G2Elab, à Paris Supélec, de grandes écoles télécoms (...) On est de plus en plus dans des projets finalement ouverts, de recherche R&D ouverts dans lesquels on est impliqué avec des labos. Donc des labos souvent des mêmes écoles. Et du coup ces projets collaboratifs qu'on fait nous permettent aussi souvent de « sourcer » nos recrutements (...) On cherche de plus en plus des gens opérationnels, qui connaissent le sujet et cetera et qui rentre assez rapidement sur ces sujets-là » (équipementier).

Encadré 3. Zoom sur les acteurs de l'informatique : l'exemple d'une SSII

Les smart grids : de nouvelles activités qui requièrent avant tout des compétences en informatique

Les SSII voient de nouvelles activités liées à la maîtrise des consommations en énergie et aux énergies nouvelles se développer. Néanmoins, le cœur de métier demeure le service informatique et ce sont donc des compétences en informatique qui sont avant tout recherchées (développeurs informatiques, architectes de sites), davantage que des compétences centrées sur les questions liées à l'énergie. Ainsi, dans une SSII où une équipe d'une trentaine de salariés travaillent sur des projets *smart grids* ou *smart building*, seuls un ou deux sont spécialisés de ce domaine : « Notre cœur de métier, c'est le service informatique, donc à chaque fois qu'on va vendre un projet, c'est autour d'un système d'information et il se trouve que l'activité qu'on essaye de développer, c'est sur la maîtrise des consommations en énergie et les énergies nouvelles (...) Nous, les profils qu'on recherche beaucoup, c'est des développeurs en informatique. Ou des architectes de sites. Essentiellement des profils techniques, parce que les missions qu'on nous confie, c'est de la maîtrise d'œuvre informatique (...) L'équipe smart grids, smart building, juste en France... à mon avis on doit être une vingtaine, une trentaine, quelque chose comme ça (...) on a quasiment que des ingénieurs informatiques un petit peu conventionnels et des gens spécialisés sur l'énergie, on en a un. Un ou deux, ça dépend des moments de l'année. On a des nouvelles activités mais qui requièrent des profils plutôt conventionnels » (responsable projet smart grids, SSII).

En revanche, pour les entreprises informatiques spécialisées dans le conseil, aux compétences informatiques vient s'ajouter une connaissance des métiers des clients : énergie, immobilier, bâtiment, commerce de grande distribution, etc. : « ce sont plus des missions de maîtrise d'ouvrage ou de conseils et donc là ils ne rentrent pas trop dans la technique (...) Donc ils ont besoin de gens qui connaissent évidemment l'informatique mais aussi les métiers des clients (...) chacun a son créneau » (responsable projet smart grids, SSII).

Les écoles d'ingénieurs en informatique et en électronique ont depuis plusieurs années intégré des spécialisations sur l'énergie. Il s'agit d'un domaine attractif et l'offre de formation correspond à la demande : « Les écoles d'ingénieurs ont aussi... en informatique toujours ou en électronique, elles ont aussi des options, des spécialisations sur ce secteur-là. A Grenoble, il y a une école... j'ai oublié le nom, qui est très bonne dans ce domaine-là. En région parisienne, on a des écoles informatiques comme EPITA [école pour l'informatique et les techniques avancées] ou Epitech [école pour l'informatique et les nouvelles technologies], pareil, qui ont des spécialisations sur l'énergie. Dans l'électronique on a l'ECE, l'ESEO, pareil, ils ont des spécialisations sur l'énergie (...) Des jeunes diplômés qui ont une connotation sur les smart grids, la gestion intelligente de l'énergie, sur l'efficacité énergétique, ça on en trouve pas mal (...) C'est un domaine qui plaît beaucoup » (responsable projet smart grids, SSII).

2.3. Du côté des gestionnaires de réseaux

Pour les gestionnaires de réseaux de distribution, l'arrivée du numérique dans l'énergie à travers le développement des REI induit à la fois un changement de culture et des évolutions de compétences qui vont toucher de très nombreuses activités et concerner tous les niveaux de qualification. En revanche, pour le gestionnaire du réseau de transport, les REI ne suscitent pas de changements substantiels. En effet, la dimension numérique est déjà présente dans les métiers. Elle apparaît néanmoins de plus en plus importante et les besoins en compétences sur ce domaine s'amplifient.

2.3.1. Réseau de transport : une évolution des métiers en fonction des paliers techniques, mais pas de rupture liée au développement des REI

RTE assure le transport et l'approvisionnement de l'électricité sur les lignes haute et très haute tension, en amont de la distribution. Les métiers de RTE sont regroupés en sept catégories, de la relation clientèle à la R&D en passant par l'exploitation et la maintenance du réseau (cf. encadré 4).

Tout comme dans le discours des équipementiers, on retrouve l'idée que les REI impliquent, pour les salariés du gestionnaire de transport, la maîtrise de compétences en électrotechnique complétée de manière assez approfondie par des compétences en technologies de l'information et de la communication. Néanmoins, le développement des REI n'entraîne pas de bouleversements dans les activités : « *Mais nous, opérateurs de réseaux, il n'y a pas de rupture (...); il n'y a pas de rupture dans l'évolution des réseaux, y a pas non plus de rupture dans l'évolution des formations qui suivent les évolutions technologiques et l'évolution de l'organisation* ». En effet, la dimension numérique est déjà fortement présente dans les métiers de RTE. Un réseau de télécommunication permet de collecter l'ensemble des informations relatives aux flux d'électricité sur le réseau. « L'intelligence » serait donc déjà présente dans le réseau de transport.

« Historiquement, on a quand même toujours eu une forte dimension numérique dans notre activité. Notre centre national qui est à Saint-Denis et qui permet de piloter le réseau 400 000 et une partie du 225 000, donc le grand réseau et en lien avec l'Europe, aujourd'hui on a 40 000 informations rafraîchies toutes les secondes et qui viennent de partout en France, donc ce n'est pas non plus un truc complètement nouveau (...) On a un des plus grands réseaux de fibre optique de France (...) On parle beaucoup de linky, nous l'équivalent de linky on l'a déjà » (gestionnaire du réseau de transport).

De fait, les métiers évoluent avec les technologies, par paliers. Les personnes interviewées expliquent ainsi comment le numérique s'est intégré petit à petit dans les activités et comment il va encore gagner en importance. Le développement des EnR ou encore les stations courant continu vont aussi modifier à l'avenir les modes d'exploitation.

« Au début tous les postes étaient gardiennés, il y avait très peu de surveillance ou de commande à distance. Il y a peut-être 60 ans. Après, petit à petit on a automatisé, avec des centres de surveillance, des centres de commande à distance, ça s'est fait progressivement par contre, par palier (...) Le numérique s'est intégré petit à petit (...) Là, le numérique maintenant je ne sais plus combien c'est de pourcentage du réseau, mais c'est en fait encore une partie assez faible, c'est les nouveaux postes, il y a encore une partie du réseau-même, des systèmes de contrôle commande qui sont électromécaniques. Bon, ça aura disparu en 2020 » (gestionnaire du réseau de transport).

« C'est sûr que les modes d'exploitation évoluent, il faut prendre en compte les EnR, l'éolien et cetera. Il a fallu faire évoluer le mode d'exploitation, c'est clair, parce qu'il y a moins de prévisibilité dans la production éolienne que dans la production nucléaire (...) A la fois les fondamentaux restent, à la fois ça évolue quand même pas mal (...). A la fois si on dit rien ne change, ce n'est pas vrai, donc il faut se préparer à des changements mais... ça se fait peut-être par palier (...) Pareil, les stations courant continu maintenant, avant ça existait pas, très peu... la liaison France Angleterre j'ai participé au projet il y a 30 ans mais... maintenant elle va être doublée, il y a une nouvelle liaison (...) Tout ça, ce sont des choses nouvelles dans les réseaux, on exploite différemment (...) C'est sûr qu'on voit bien que l'exploitation courant continu... c'est particulier mais... il y a trente ans on en faisait... » (gestionnaire du réseau de transport).

Même si ces paliers technologiques sont de plus en plus rapprochés, les changements se font néanmoins « progressivement » et sont accompagnés par la formation interne : « *les formations évoluent en fonction des paliers techniques (...) Un palier c'est jamais brutal, c'est expérimenté, on fait les premières formations, et après on généralise, progressivement on équipe...* ». Actuellement, les besoins en compétences sur le domaine du numérique s'amplifient et les demandes de formation sur les plateformes numériques sont de plus en plus nombreuses.

« On voit bien que là... on augmente nos plateformes de formation aux... plateformes numériques parce que voilà... il y a une demande de plus en plus importante de formation sur ces systèmes-là. A la limite, les anciens systèmes sont en perte de vitesse (...) On forme encore des jeunes dessus

mais... les gens sont assez formés donc... la demande de formation, elle porte maintenant plus sur les nouveaux systèmes, ça c'est clair » (gestionnaire du réseau de transport).

« On voit bien parce que le système de conduite, de dispatching, en fait toute la plateforme d'exploitation, de dispatching, pour recevoir toutes les données, en émettre et puis... l'aide à la conduite d'un réseau au niveau régional, et même national, il n'est pas si vieux que ça, il a été généralisé dans les régions en 2006-2007. Et là on est en train de construire un nouveau système. Donc à peine 10 ans. Alors qu'avant un palier durait 30 ans (...). Bon c'est lié aussi à l'obsolescence de plus en plus rapide des systèmes numériques des machines qui sont... comme de plus en plus on prend sur étagère des systèmes... moins maisons, donc les systèmes évoluent aussi, du fait qu'ils ne sont plus maintenus... » (gestionnaire du réseau de transport).

Le recrutement de profils complémentaires - électrotechnique / TIC - est également évoqué, complémentarité qui se traduit aussi sur le plan de l'organisation : les mêmes équipes ont désormais en charge la partie numérique et la partie protection des systèmes électrotechniques.

« Au sein des équipes, on mixe beaucoup plus des gens avec des spécialités différentes. Là où auparavant dans des équipes qui s'occupent de la maintenance des systèmes de nos automatismes, on n'avait quasi que des gens avec des formations électrotechniques, on embauche maintenant des gens qui sont moins électrotechnique mais qui sont plus télécom, numérique et on met tout ça dans la même bassine (...) On avait des équipes qui étaient différentes, aujourd'hui sur le plan de l'organisation, c'est les mêmes équipes qui s'occupent de la partie télécom, numérique, et de la partie plus protection des systèmes électrotechniques » (gestionnaire du réseau de transport).

Ainsi, les changements technologiques induits par les REI ne sont pas perçus de manière brutale. Les modes de recrutement et de gestion des ressources humaines permettent à l'entreprise de s'adapter de manière progressive aux changements techniques en s'appuyant sur la formation interne, mais aussi en diversifiant les profils de salariés recrutés ou en modifiant l'organisation du travail. Aujourd'hui, les salariés qui travaillent directement sur les REI sont très qualifiés : « C'est ingénieur, et même ingénieur de très haut niveau ». Des projets d'innovations sont en cours (par exemple, le poste intelligent) et RTE est également impliqué dans « la promotion de nouveaux mécanismes de marché qui permettent de donner de la valeur aux effacements ». Sur ce sujet, les besoins en compétences sont très spécifiques - des économistes qui ont une connaissance du fonctionnement physique du système électrique - mais ils ne concernent qu'une très petite quantité de personnes.

« C'est toute la dimension économique, avec les marchés ou autre, mais qui est très spécifique parce que pour pouvoir faire ça, il faut à la fois être bon en économie, en modélisation mathématique, mais être très bon aussi dans la connaissance de la physique des réseaux parce que on ne peut pas négliger ce qui se passe sur le plan physique. Or, des gens qui seraient passés par des formations économistes, ils ne vont pas avoir la connaissance suffisamment précise du comportement physique du système électrique. Mais là, ça ne correspond pas à des besoins pour des populations très importantes, donc on fonctionne plutôt à embaucher les gens et à les mettre sur ces sujets-là et à apprendre sur le tas » (gestionnaire du réseau de transport).

Encadré 4. Les métiers de RTE

- Relation clientèle : en amont, les producteurs, traders et fournisseurs d'électricité, en aval les distributeurs et clients industriels.
- Etudes et ingénierie : Ingénierie et développement réseau.
- Exploitation : gestion des flux électriques et des télécommunications, utilisation des infrastructures associées.
- Informatique et télécoms : système d'information sur deux champs complémentaires, le premier lié à la gestion du réseau électrique - téléconduite, comptage, qualimétrie, etc. - et le second recouvrant l'ensemble des fonctions support - gestion clientèle, connaissance et gestion du patrimoine, gestion financière, Ressources Humaines, bureautique, etc.
- Maintenance : lignes aériennes, liaisons souterraines, maintenance poste haute tension, maintenance contrôle électrique, maintenance télécom/conduite.
- Métiers tertiaires : achats, comptabilité/fiscalité, contrôle de gestion, ressources humaines, juridique, communication et affaires publiques, secrétariat, Prévention, santé, sécurité, qualité de vie au travail, audit qualité, management.
- R&D : réseau transport et système électrique.

Source : site de RTE¹⁶

2.3.2. Réseaux de distribution : des métiers impactés par le développement des technologies de l'information et de la communication

ERDF est gestionnaire du réseau de distribution d'électricité. Elle développe, exploite, modernise le réseau électrique et gère les données associées. Indépendante des fournisseurs d'énergie chargés de la vente et de la gestion du contrat d'électricité, elle réalise les raccordements, le dépannage, le relevé des compteurs et toutes interventions techniques. Ses métiers sont répartis en quatre grandes familles : relations clients et fournisseurs, exploitation des ouvrages, développement des réseaux et fonctions transverses (cf. encadré 5). Au côté d'ERDF, on trouve également 160 régies ou ELD.

Pour les acteurs interviewés, « l'arrivée du numérique dans l'énergie » va avoir un impact sur les métiers de la distribution. Avec le déploiement des REI, les TIC vont en effet être présentes à tous les niveaux de la chaîne énergétique, « depuis la production qui devient décentralisée, avec la production photovoltaïque, éolienne, biomasse, des structures de stockage décentralisées, jusqu'en fait au consommateur qui devient acteur de sa consommation (gestionnaire de réseaux de distribution).

La diffusion des TIC dans les métiers est ainsi perçue comme un changement de « culture » : « on s'aperçoit que beaucoup de changements futurs passent par des technologies de l'information, et ça ce n'est pas notre culture, ce n'est pas notre métier » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD). L'évolution du système électrique, associée à l'ouverture des marchés de l'énergie, va en effet venir transformer les activités : « Le changement est relativement long. Ceci dit, lorsqu'il arrivera, il sera violent pour [ELD] (...) Notre cœur de métier est plutôt basé sur un modèle d'hier, un réseau électrique, relativement standard, une fourniture en tarif réglementé et cetera. Si on va vraiment vers une ouverture des marchés et une vraie compétition d'EnR qui arrivent massivement sur le réseau, ça bouleverse absolument toutes nos activités, tous nos métiers ».

Des évolutions induites par la multiplication des données...

Les technologies de l'information et de la communication engendrent une évolution des compétences historiques des GRD et en nécessitent de nouvelles. ERDF a ainsi mis en place une nouvelle direction pour accompagner le changement. Il s'agit d'« une direction dédiée à la transformation numérique (...) qui est plutôt maître d'ouvrage dans la conduite du changement » (gestionnaire de réseaux de distribution, ERDF).

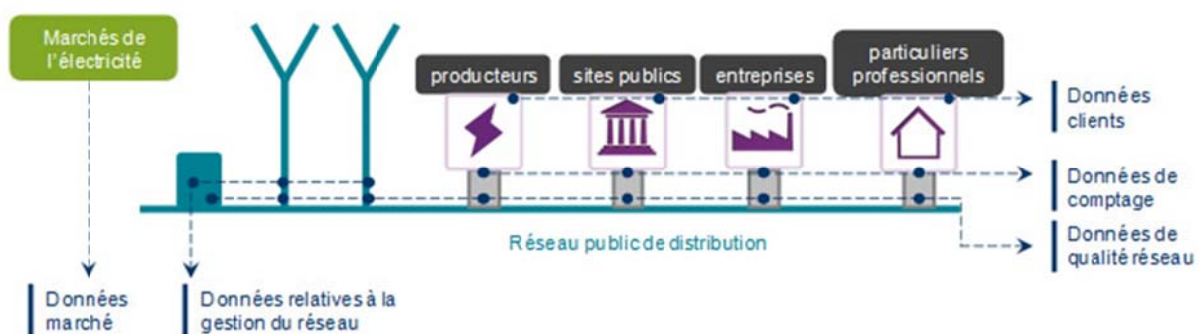
¹⁶ www.rte-france.com

➤ **Un impact sur les métiers de la planification, de la maintenance et de l'exploitation du réseau**

La généralisation du compteur communicant Linky, couplée à une production d'électricité raccordée au réseau de distribution, produit une augmentation du nombre de données (cf. schéma 4) à traiter et à stocker. De plus, ces flux de données arrivent en permanence et en temps réel. La gestion des systèmes de *big data* n'est pas dans le cœur des métiers des gestionnaires de réseaux de distribution¹⁷ et requiert un développement de compétences dans les systèmes d'information. On assiste à une « *transformation des métiers un peu classique où on traitait des données papier vers des données digitales type big data [méga données] et data mining [exploration des données]* » (gestionnaire de réseaux de distribution). Des compétences analytiques devront ainsi être développées en interne pour l'exploitation de l'ensemble de ces données, avec des objectifs prédictifs ou en temps réel. Les notions de fiabilité, de cyber sécurité, ou encore de confidentialité, inhérentes au traitement de ces données sont évoquées.

« *On est donc sur une complexification du nombre de données à traiter, de la façon dont on va les stocker et la façon dont on va les traiter puisqu'en fait on a des flux qui arrivent de partout. Des flux qui arrivent depuis le réseau de production, enfin qui est le même réseau que le réseau de consommation, mais il y a les flux de production et les flux de consommation, sauf que la production est raccordée aussi sur les réseaux de distribution maintenant (...) Le deuxième domaine dans l'exploitation et la conduite en temps réel des réseaux, c'est que ces données-là, elles arrivent en permanence. Et elles sont en temps réel. Donc il faut arriver à traiter ces données très rapidement, il faut qu'elles soient solides, c'est-à-dire sûres entre guillemets, on ne peut pas avoir une erreur dans la collecte des données, donc c'est la notion de fiabilité, et puis il faut aussi qu'elles soient historiées (...) Non seulement il y a des problèmes de planification et du coup de stockage et d'archivage de données, donc là des métiers plutôt proches des systèmes d'information, de dimensionnement des flux, des flux de données, des problèmes de cyber sécurité liés à cette connectivité des différents équipements raccordés maintenant sur les réseaux de distribution, des contraintes liées à la confidentialité des données particulières* » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Schéma 4 • Les types de données collectées par ERDF



Source : ERDF

L'utilisation de ces données va permettre d'optimiser la conduite, l'exploitation, la maintenance, et le développement du réseau. Par exemple, elle permettra au distributeur de disposer d'une meilleure connaissance du patrimoine en exploitation, qui pourra alors mieux planifier les opérations de maintenance et diminuer la probabilité d'occurrence des pannes en faisant de la « *maintenance prédictive*. »

¹⁷ Pour la CRE, il est « probable que de nouveaux acteurs fassent leur entrée sur le marché de l'énergie en tant que gestionnaire de données en tant que tel » (cf. site *smart grids* de la CRE).

« Maintenant, on a aussi des nouveaux métiers propres à l'exploitation du réseau et à sa maintenance. Pourquoi ? Parce que plus on a de données, plus on est capable de faire de la maintenance dite prédictive. Intervenir juste avant la panne. Et ne pas être sur un modèle déterministe où on intervient comme pour changer l'huile de son véhicule tous les 10 000 ou 20 000 km. Ce n'est plus comme ça (...) Donc pour ça, nos exploitants, enfin les gens qui font de la maintenance, vont devoir analyser les données, on retrouve les métiers de data analyst, analyser les données dans un cadre qui colle au métier. C'est-à-dire qu'on n'est pas dans l'analyse de données brutes, on est dans l'analyse de données métier. Donc c'est un nouveau métier encore à créer » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les données vont également modifier la manière de planifier les réseaux grâce à des approches probabilistes. Ces évolutions concernent les statisticiens de la planification.

« Puisqu'on est plus proche du besoin du client, puisqu'on va essayer d'adapter le plus possible les signaux qui sont envoyés dans toute cette infrastructure, les signaux tarifaires ou autre, pour être au plus proche du client, la façon dont on planifie les réseaux va être modifiée (...) C'est le domaine des statisticiens sur la planification. C'est des approches un peu nouvelles, qui sont dérivées des approches dites stochastiques, qui font apparaître la dimension probabiliste dans le temps. Donc, ce sont des choses qui aujourd'hui sont totalement nouvelles pour un métier de distributeur, qui a plutôt une approche déterministe » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Encadré 5. Les métiers d'ERDF

Relations clients et fournisseurs

- Conseiller accueil distributeur, Technicien raccordement, Technicien clientèle.
- Responsable accueil distributeur senior, Expert clients /fournisseurs, Responsable technique clientèle, Responsable accueil distributeur, Pilote des interventions clientèle, Conseiller distributeur senior, Conseiller clients / fournisseurs, Technicien clientèle senior.
- Manager clients/fournisseurs, Expert clients/fournisseurs senior, Manager raccordement.

Exploitation des ouvrages

- Technicien métrologie, Technicien réseaux, Technicien travaux sous tension, Opérateur appels dépannage.
- Technicien métrologie senior, Technicien réseaux senior, Technicien travaux sous tension senior, Technicien postes sources, Technicien conduite de réseaux, Formateur, Responsable exploitation réseaux, Responsable travaux sous tension.
- Manager conduite de réseaux, Ingénieur postes sources, Manager exploitation réseau, Ingénieur métrologie.

Développement des réseaux

- Technicien cartographe.
- Chargé d'affaires senior, Chargé d'études, Chargé d'affaires réseaux, Technicien Système d'information géographique.
- Manager construction ouvrages, Ingénieur études réseau.

Métiers des fonctions transverses

- Opérateur logistique
- Chargé de prévention sécurité, Animateur qualité environnement, Chargé de communication, Chargé de conseil Ressources Humaines, Comptable, Gestionnaire Ressources Humaines, Gestionnaire approvisionnement, Gestionnaire achats, Technicien informatique, Assistant(e)
- Expert prévention sécurité, Contrôleur de gestion, Expert RH

Source : site d'ERDF¹⁸

¹⁸ www.erdf.fr

➤ **Un rôle accentué dans la planification du territoire**

Les données permettront aux gestionnaires de réseau de distribution de tenir un rôle plus important auprès des collectivités territoriales dans les choix d'aménagement du territoire. Les métiers dits « territoriaux » sont ainsi amenés à évoluer et de nouveaux services pourraient être développés.

« On peut imaginer, alors là on est vraiment assez loin hein, que le GRD développe une compétence vis-à-vis de ceux qui sont là pour planifier le territoire, pour les aider à la fois à avoir une vision en temps réel de leur consommation, et à la fois pour les aider à prospecter (...) c'est aussi une nouvelle compétence d'un GRD qui est un acteur de la planification territoriale, de la planification énergétique, pas seulement pour son réseau hein, vraiment au niveau territorial » (gestionnaire de réseaux de distribution).

« Les métropoles, les régions s'emparent davantage de leur destin énergétique et interrogent les acteurs régulés des services publics sur, par exemple, la cartographie énergétique d'un quartier. Comment un bâtiment consomme, pourquoi ce bâtiment consomme plus que l'autre alors qu'il y a le même nombre de bâtiments, est-ce que c'est des problèmes d'isolation, etc. Donc tout ça, ça pousse aussi à transformer nos métiers qui sont en proximité avec nos élus, pour les accompagner vers de nouvelles offres de transition énergétique parce que la donnée rend possible des choix d'aménagement du territoire, qui n'étaient pas ceux qui étaient faits de façon un peu empirique par exemple dans les plans locaux d'urbanisme » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les données permettront donc de fournir des recommandations aux divers acteurs dont l'action va passer par le réseau et de les accompagner dans des projets par exemple d'éco-quartier, d'implantation d'EnR, d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques, etc. : *« On est de plus en plus finalement, au-delà de notre activité d'exploitant, dans un rôle aussi de prescription vis-à-vis d'acteurs dont l'action va passer par le réseau. »* Ces activités vont ainsi demander aux GRD de développer de nouvelles compétences.

« Je continue sur les exemples, les véhicules électriques (...) Donc là, vous dites j'aimerais bien savoir où est le réseau et que le réseau me dise où est-ce que c'est le mieux et le moins cher pour développer mes bornes de recharge électrique. Donc, en ce moment on discute aussi d'une intervention du GRD qui doit être en capacité, à partir de son réseau, de fournir des recommandations voire même un plan des zones et cetera (...) On sort de ce qu'on sait faire habituellement, ça demande aussi des nouveaux outils, de nouvelles compétences qu'on n'a pas forcément » (gestionnaire de réseaux de distribution).

➤ **Relations au marché : développement de nouveaux systèmes d'information**

Un autre facteur impactant les activités est mentionné par les personnes interviewées : la complexification du fonctionnement du marché de l'électricité. Le mécanisme de capacité est notamment cité en exemple. Les données détaillées vont permettre aux fournisseurs ou à de nouveaux opérateurs de services, de proposer de nouveaux tarifs ou des services « innovants » à leurs clients. Ceci implique, pour les gestionnaires du réseau de distribution, la mise en place de nouvelles interfaces avec les acteurs marchands (producteurs, fournisseurs) et le développement de nouveaux systèmes d'information qualifiés de « boursiers ».

« Parallèlement à ça, il y a des déformations sur les marchés de l'électricité puisque comme tout devient au moins observable grâce aux données qui sont échangées, tout équipement, tout consommateur, tout producteur, est observable, certains sont pilotables. Cette pilotabilité, cette observabilité permet aux acteurs marchands de l'électricité qui sont les fournisseurs ou les producteurs, d'étoffer leur offre, mais pour ça, il faut mettre en place des interfaces beaucoup plus solides entre les acteurs de services publics que sont RTE et ERDF et les acteurs marchands. Donc, il y a de nouveaux systèmes d'information à créer, de nouveaux métiers inhérents à ce que la

donnée rend possible. La donnée ouvre un champ des possibles sur les marchés de l'électricité, donc une forme de libéralisation plus forte des mécanismes de marché, et pour cela il faut pouvoir organiser le marché. L'organisation du marché suppose le développement de nouveaux systèmes d'information, que je qualifierais un peu boursiers » (gestionnaire de réseaux de distribution).

« C'est que les mécanismes se complexifient et typiquement je prends un exemple, c'est le mécanisme de capacité. C'est quoi le mécanisme de capacité, c'est la capacité à pouvoir effacer de la consommation à certains moments, donc ça, ce n'est pas nous qui le faisons, c'est un agrégateur¹⁹ qui va dire au client, moi je t'efface pendant une heure à tel moment et il va valoriser cet effacement-là sur un marché. Sauf que pour valoriser cet effacement, il faut savoir combien il a effacé, et pour savoir combien il a effacé, ça passe forcément par le compteur. Et comme ça passe par le compteur, ça passe par le GRD, à qui on est en train de donner de nouvelles obligations pour contrôler, valider ces effacements-là. Donc ce qu'on appelle du contrôle de réalisé. Donc pour faire ça, il va être obligé du coup de développer des systèmes d'information et de facturer cette prestation-là. Il y a quand même une complexité de mécanisme de marché qui en général va augmenter le domaine d'intervention du GRD, complexifier son action » (gestionnaire de réseaux de distribution).

➤ Une évolution des métiers en relation avec la clientèle

Le déploiement du compteur communicant va modifier la conduite de la relation clientèle, avec un plus grand nombre d'interventions à distance. Le salarié pourra communiquer à distance avec le compteur et devra donc être capable d'interpréter les signaux qui remontent de l'infrastructure de communication.

« Les métiers qui sont également en transformation... ce sont les métiers en relation directe avec le client (...) Le fait que vous ayez un compteur communicant linky à disposition chez vous, permet à la personne que vous allez avoir en back office sur un centre d'appel, cette personne va pouvoir discuter à distance avec le compteur, le compteur va lui dire cette personne-là, elle est coupée parce qu'il y a un incident effectivement électrique ou il n'y en a pas, enfin il y a une forme de diagnostic qui est nouveau. Pour ça, il faut que les personnes qui sont en back office arrivent à interpréter cette fois-ci, non pas des signaux descendants, mais des signaux remontant de l'infrastructure de communication (...) Il en est de même pour d'autres services clientèle (...). En ayant modifié l'accessibilité du compteur à distance depuis un système d'information, on peut tout de suite rendre service au client à condition de savoir le faire, en disant vous voulez quoi comme contrat, tout se fait à distance... donc la relation au client sur la télé-opération, on va appeler ça comme ça, est également modifiée » (gestionnaire de réseaux de distribution).

¹⁹ « Les agrégateurs agrègent et valorisent sur le marché les différentes sources de production locales en tenant compte, par exemple, de la gestion de la charge, de l'intermittence de la production, du stockage et des possibilités d'effacement. Ce sont des acteurs qui collectent différentes sources de production auprès de leur portefeuille de fournisseurs, mettent en œuvre des mécanismes appropriés et assurent l'équilibre de la charge nécessaire. Ils peuvent aussi revendre de l'énergie sur le marché » (cf. Picard, Cabaret, op. cit.).

Les agrégateurs rémunèrent les industriels qui acceptent de baisser de façon ponctuelle leur consommation électrique, en différant certaines de leurs activités de quelques minutes ou quelques heures. Les fournisseurs paient ce service de lissage de la demande en électricité auprès des agrégateurs. D'autres acteurs gèrent l'effacement pour les particuliers et les collectivités, on parle d'effacement diffus. Toujours au stade de l'expérimentation, l'effacement diffus est une offre des fournisseurs d'électricité ou d'entreprises spécialisées qui propose aux consommateurs de réduire leur puissance disponible en période de pointe en échange de tarifs préférentiels (cf. site *smart grids* de la CRE).

➤ **Disparition des agents de relève mais développement des emplois de techniciens comptage**

Avec le compteur *linky*, la relève ainsi que d'autres interventions vont se réaliser à distance. Les agents de relève seront donc amenés à disparaître, de même que certains agents d'intervention. En revanche, le métier de technicien comptage va se développer, profil bac+2 en électrotechnique.

« Alors un compteur communicant, c'est un compteur qui sera demain capable de se mettre en service tout seul, de se relever tout seul. Aujourd'hui, il y a 30 000 interventions par an, manuelles, qu'on fait quand l'agent se déplace. Et puis il y a la relève manuelle, les agents se déplacent pour aller relever deux fois par an. De fait, à l'issue du déploiement, ben on aura un certain nombre d'emplois qui vont disparaître. Donc il n'y aura plus besoin de releveurs, et on n'aura plus besoin d'agents d'intervention. [Les agents d'intervention ?] Ils font les mises en service, un certain nombre d'actions. Donc ça, c'est les emplois qui disparaissent (...) Parallèlement, il y a des emplois qui apparaissent (...) Y a le compteur lui-même et ce compteur, c'est un compteur électronique donc y aura un certain nombre de défaillances. Donc j'aurai besoin de techniciens comptage, plutôt profil bac+2 (...) électrotechnique. Alors j'en ai aujourd'hui, on a un peu de télé relève » (gestionnaire de réseaux de distribution).

➤ **Design des équipements et normalisation**

Les nouveaux équipements devront être *designer*, ce sont des métiers confiés à des ingénieurs et chercheurs. La normalisation est également signalée comme une activité qui évolue et prend de l'ampleur : « dans nos métiers on avait des normes très tournées électrotechniques, un disjoncteur doit réagir pour protéger les personnes, les biens, en tant de secondes et cetera, c'était des métiers faciles. La normalisation des flux de données sur un réseau d'électricité, c'est une chose nouvelle ».

« En parallèle de tout ça, il y a quand même beaucoup d'équipements du coup qu'il faut désigner, le compteur, c'est un exemple hein, il a fallu le penser et cetera, donc là on va trouver encore des ingénieurs, des chercheurs, mais aussi des normalisateurs. C'est des métiers nouveaux, la normalisation c'est un métier qui aujourd'hui explose hein, il y a de plus en plus de normes, de protocoles qui sont déposés » (gestionnaire de réseaux de distribution).

➤ **Et d'autres métiers encore en évolution...**

En résumé, de nombreux métiers vont être impactés, dernier exemple donné, l'acheteur, qui devra aussi être formé à ces nouvelles technologies :

« Ça couvre aussi les acheteurs, un acheteur on ne va pas lui dire tu vas acheter un disjoncteur comme dans le temps, ça ne marche plus ça. Il faut des spécifications beaucoup plus lourdes, il faut qu'il sache consulter les technologies... pour les technologies dont on a besoin, à l'instant T et cetera et ce n'est pas... vous voyez, quand on va aller acheter un équipement digital, il faut qu'il réponde au besoin spécifique de l'implantation d'une zone par exemple qui est un territoire à énergie positive, on ne va pas avoir les mêmes besoins qu'en plein centre-ville qui est une zone très consommatrice. Donc le traitement de la donnée qui est associé n'est pas du tout le même. Pour cela, il faut que l'acheteur ait aussi été formé » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Dans un premier temps, la nécessité de communiquer et d'informer sur les questions liées aux REI, est évoqué, notamment auprès des collectivités, ce qui correspond là aussi à la mise en œuvre de compétences nouvelles :

« Y a des nouvelles compétences qu'il faut développer, c'est... en tout cas de nouveaux métiers, c'est d'interface avec les donneurs d'ordre et la collectivité. Etre en capacité d'aller communiquer, déjà comprendre, vulgariser, communiquer sur ces domaines-là. Et je pense que... ce qui fait qu'aujourd'hui, ça a du mal à déclencher c'est... on a encore beaucoup de progrès à faire dans la

façon dont on s'approprié ces domaines-là, on les comprend, on est capable de les expliquer, et que ça puisse être compris par des gens qui vont prendre des décisions qui impacteront ces choix-là » (gestionnaire de réseaux de distribution).

... qui touchent tous les niveaux de compétences

Un panorama des niveaux de compétences impactés par le développement des REI est proposé par les acteurs interviewés.

Les agents diplômés pour la plupart du bac pro électrotechnique vont devoir acquérir des savoirs et des compétences en électronique et informatique industrielle, avec la mise en place des compteurs communicants.

« Donc en fait ce niveau-là d'agents aujourd'hui, c'est plutôt des bacs pro et (...) à travers la professionnalisation tout au long de la vie, on permet à ces populations d'accéder à des compétences propres, par exemple l'utilisation des courants porteurs en ligne, la capacité à rendre communicant un compteur... un concentrateur, c'est-à-dire l'équipement qui permet au niveau d'un quartier de cartographier tous les compteurs qui sont raccordés dans une zone... un quartier pavillonnaire ou des immeubles... cette fois-ci en GSM donc la téléphonie mobile, bon forcément ces gens qui sont plutôt des électrotechniciens bac pro, deviennent plus proches des métiers de l'électronique ou de l'informatique industrielle. Donc ils acquièrent finalement une forme de double compétences, mais sur un diplôme initial qui reste le même. Et en interne. Très souvent, ce sera le cas » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les mainteneurs H24, qui sont généralement de niveau bac+2 (électrotechnique et génie électrique) vont devoir, soit se réorienter vers des compétences en systèmes d'information, soit renforcer leurs compétences actuelles pour qu'ils sachent faire une maintenance de premier niveau.

« Deuxième niveau de compétences qu'on va avoir en termes de transition, c'est la maintenance des systèmes d'information, notamment (...) de stockage de données. Là on touche deux types de population, une population mainteneur H 24, astreinte, etc., qui est plutôt chez nous niveau bac+2 et qui est déjà d'ailleurs plutôt connectés à ces métiers d'exploitation, de conduite de réseaux, et pour lesquels soit on fait une réorientation professionnelle vers les domaines du SI, soit au contraire on durcit leurs connaissances actuelles pour pouvoir au sein même de la vie de tous les jours dans l'exploitation, ils sachent faire une maintenance de premier niveau. S'il y a un problème sur un serveur informatique, comment on fait pour le dépanner etc. Donc ce sont des gens qui alors là en termes de BTS ou DUT parce qu'on a quelques DUT, sont plutôt aussi des électrotechniciens, on a des compétences aussi transversales dites de génie électrique où on trouve des gens qui ont à la fois des compétences en électrotechnique, en télécommunication, en informatique industrielle, voilà à peu près le type de profil [systèmes d'information mais toujours connectés à nos métiers] » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les salariés exerçant les métiers de relations aux élus et aux clients vont devoir communiquer et informer sur les REI. Issus de filière communication et de niveau bac+2, ils sont ensuite formés à des aspects plus techniques. Il peut également s'agir de salariés qui ont un profil technique et qui réorientent leur activité en fin de carrière.

« Sur le métier clientèle ou relation aux collectivités territoriales dont on parlait tout à l'heure, on est encore sur du bac+2, avec soit des gens qui sont issus de la communication, filière com, et que l'on forme à des métiers plus techniques, de la relation à la fois client ou élus, soit pour certains, mais c'est pas toujours vrai, qui ont plutôt un background très technique et qui ont envie aujourd'hui de diversifier leur activité, mais c'est plutôt des gens cette fois-ci en fin de carrière, vers la relation à l'autre » (gestionnaire de réseaux de distribution).

La normalisation touche des profils très divers, des ingénieurs mais aussi des salariés expérimentés ayant démarré au bas de l'échelle.

« Et la normalisation, on a des gens qui ont pu accéder à ce type de postes par l'expérience, qui peuvent avoir démarré complètement en bas de la chaîne, comme on peut trouver un docteur en physique, enfin ingénieur, le champ du diplôme est là relativement large (...) C'est pas parce qu'on aura un doctorat dans un domaine qu'on sera un bon normalisateur. Ce qui guide souvent dans ces cas-là, c'est l'expérience, la connaissance de ce que font les industriels » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les métiers liés au marché de l'électricité, au design du système informatique et aussi à la conduite du changement dans l'entreprise concernent des bac+5, profils ingénieurs pour les métiers « techniques », profils universitaires ou écoles de commerce pour les autres.

« Par contre, tout ce qui est design informatique... du système informatique de demain, tout ce qui est organisation... quelle conduite du changement il faut mettre en place, tout ce qui concerne la relation au marché de l'électricité (...) on est plutôt sur des populations bac+5, côté technique, ingénieurs, sur les autres métiers ça peut être des profils universitaires, ou écoles de commerce. Notamment d'ailleurs plutôt des économistes. En écoles d'ingénieurs, on a des écoles de tous types, qu'elles soient généralistes ou appliquées, on est assez agnostique aujourd'hui sur les écoles, on a pu avoir une approche (...) plutôt élitiste dans le passé sur certains profils, aujourd'hui, ces choses-là ont disparu. Sur les universitaires, on a des statisticiens, on a des économistes, on a quelques marketeurs » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Des doutes sont émis sur les profils à privilégier pour les métiers d'encadrement, entre un recrutement traditionnel « cœur de métier » électrotechnique et des profils « télécommunication », l'évolution des métiers étant notamment « poussée par l'activité digitale ». Ces profils concernent des diplômés bac+5.

« Dans les métiers qu'on évoquait par contre... d'encadrement, qui sont connectés un peu à tous ces sujets-là, on a encore quelques doutes. Est-ce qu'on continue à avoir une approche historique, cœur de métier avec un recrutement traditionnel pour faire l'encadrement de ce genre de population, ou est-ce que finalement on s'autorise à aller chercher, par exemple, des gens qui viennent des télécommunications, de Google, de chez IBM, je ne sais pas, qui ne sont pas forcément nos métiers, qu'on ne connaît pas, mais qui peuvent apporter une valeur en termes d'encadrement parce que la transformation elle est presque autant poussée par l'activité digitale que par le cœur de métier qui... restera. On n'a pas encore pris de position sur ce sujet-là. Donc les formations à ce niveau-là, c'est des métiers du bac+5, assez traditionnellement. Cela étant, bac+5 avec des diplômes quand même très variables » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Des créations d'emplois liées au déploiement du compteur communicant

Pour accompagner le déploiement du compteur communicant entre 2016 et 2021, ERDF prévoit la création de 10 000 emplois. Il s'agit pour la moitié d'emplois directs : 80 % de techniciens clientèle (pose des compteurs), 12 % d'agents de maîtrise pour la communication auprès des élus et des usagers, et enfin des agents cadres qui pilotent le projet. Pour les emplois indirects, ces derniers concernent la production de ces compteurs (des agents de production, niveau BEP).

« Sur Linky, on a 5 000 emplois directs et 5 000 emplois indirects à peu près. Donc 10 000 emplois sur l'échelle 2016-2021 (...) Alors on a à peu près... alors je vous fais des grosses masses, 80 % de la population qui est une population de techniciens clientèles donc c'est du bac, bac+2. Sur les emplois indirects c'est... niveau BEP parce que c'est des agents de production, faut produire les compteurs quoi. Après vous avez à peu près 12 % d'agents de maîtrise qui vont faire de la communication pour expliquer dans les réunions publiques à quoi ça sert, qui vont expliquer aux élus quelles solutions offre linky, ce genre de choses-là, et après vous avez des agents qui pilotent le

projet au sens large, planification, garantie de temps de pose, des acheteurs, etc, etc. Ça, c'est les premiers emplois » (gestionnaire de réseaux de distribution, ERDF).

La création d'autres emplois, au-delà de ceux connectés à l'installation du *linky*, demeure, pour les personnes interviewées, difficilement chiffrable et dépendante de paramètres exogènes.

« Le reste, je ne voudrais pas les chiffrer immédiatement parce que c'est trop hypothétique, de vous dire on va avoir... 15 000 emplois créés à l'horizon 2025-2030. Difficile de répondre à cette question. Oui, il y aura création d'emplois, le chiffre est exogène à d'autres paramètres, le paramètre actuel, c'est la loi de programmation sur la transition énergétique. Si la loi dit on doit installer tant d'infrastructures de recharge de véhicules électriques, il faut les raccorder au réseau, on doit raccorder tant d'éoliennes, tant de panneaux photovoltaïques à tel horizon, ce n'est pas pareil que si on dit finalement en 2017, il y a des nouvelles élections, il y a un changement de gouvernement qui met en place une nouvelle stratégie dans la programmation énergétique et qui dit il y en aura beaucoup moins » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Les besoins en emplois et en compétences du point de vue des acteurs interviewés

Résumé

Aujourd'hui, les personnels travaillant sur les REI sont essentiellement des ingénieurs ou docteurs : les gestionnaires de réseaux et les industriels investissent en effet dans la R&D et sont impliqués dans divers démonstrateurs. A ce stade encore expérimental, les acteurs interviewés évoquent les nombreuses incertitudes qui demeurent. Ils ont ainsi des difficultés à évaluer de manière précise l'impact du développement des REI sur les métiers de leur entreprise, ainsi que les besoins en compétences et en emplois qui en découlent.

Dans les discours, les REI sont le plus souvent associés à la diffusion des TIC dans les métiers du transport et de la distribution d'électricité. En effet, le développement des REI se traduit, notamment, par la mise en œuvre des technologies numériques sur toute la chaîne énergétique. Trois couches technologiques sont concernées : le matériel numérique installé sur le réseau électrique (électronique de puissance, puces électroniques, capteurs, logiciels embarqués) ; les couches logicielles de pilotage des réseaux (architectures informatiques, modélisation, simulation, etc.) et de pilotage de la demande d'énergie (outils et interfaces logiciels) ; les infrastructures des réseaux de communication pour la transmission des informations en temps réel.

On assiste donc essentiellement à une évolution de métiers existants et non à la création de métiers nouveaux. Pour les personnes interrogées, les REI demandent ainsi la mise en œuvre de compétences appartenant à des champs disciplinaires différents : électrotechnique et technologies de l'information et de la communication. Néanmoins, si le besoin de compétences dans le domaine des TIC s'accroît fortement, la nécessité de maîtriser les compétences « cœur de métier » en électrotechnique demeure.

En fonction des entreprises, ces évolutions sont plus ou moins importantes et concernent des profils de salariés différents. Concernant les équipementiers de la filière industrielle électrique, les besoins se concentrent, au moment de l'étude, essentiellement sur le niveau ingénieur. Le recrutement se focalise sur de jeunes diplômés sortants de grandes écoles (Centrale, Supélec, INPG, écoles de télécom, etc.), formés en interne aux technologies développées par les entreprises ou recrutés à travers des projets de R&D collaboratifs impliquant des laboratoires de grandes écoles ou d'université.

Pour les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution, le développement des REI ne va pas avoir les mêmes conséquences. Pour le gestionnaire de transport, la dimension numérique est déjà fortement présente dans les métiers, un réseau de télécommunication permet de collecter l'ensemble des

informations relatives aux flux d'électricité. Ainsi, pour les acteurs interviewés, il n'existe pas de rupture associée aux REI même si les besoins en compétences sur le domaine du numérique s'amplifient. Les changements se font ainsi en fonction des paliers techniques, accompagnés par la formation interne.

En revanche, pour les gestionnaires de réseaux de distribution, les technologies de l'information et de la communication engendrent une évolution des activités, qui concerne tous les niveaux de qualification. Dans un premier temps, ce sont les évolutions liées au déploiement du compteur communicant qui sont évoquées. Ainsi, les agents diplômés le plus souvent de bac pro électrotechnique vont devoir acquérir des compétences en électronique et informatique industrielle. La conduite de la relation clientèle va également être modifiée avec un plus grand nombre d'interventions à distance, etc. La création d'emplois, essentiellement pour la production et la pose de ces compteurs est également soulignée. Mais c'est la problématique de la gestion des données (big data), de leur traitement et analyse qui apparaît centrale et sollicite de nouvelles compétences pour les GRD. L'utilisation de ces données va également faire évoluer les métiers de la maintenance, de l'exploitation et du développement du réseau.

3. Les besoins en formation du point de vue des acteurs interviewés

Aux incertitudes évoquées à plusieurs reprises par les acteurs interviewés (cf. 2.1) sur les scénarii possibles de développement des REI, font échos leurs difficultés à décrire de manière précise les besoins en formation. Une des particularités, pour les gestionnaires de réseaux particulièrement, est l'importance de la formation interne, permettant de former les salariés aux spécificités de leurs métiers. Une autre caractéristique est le très faible *turn-over*, la plupart des personnels passant toute leur carrière dans l'entreprise. La formation continue apparaît donc centrale dans l'adaptation des compétences. Pour les équipementiers, les besoins évoqués sont essentiellement des besoins en formation initiale. En effet, ils privilégient le recrutement de sortants de grandes écoles pour les activités liées aux REI, plus qu'une évolution des compétences en interne.

Le CNFPTLV (*op. cit.*) souligne que l'offre de formation initiale a été fortement revue pour répondre aux enjeux posés par le développement des réseaux électriques intelligents : intégration de la dimension efficacité énergétique aux formations dans le cadre de la rénovation des CAP, bac pro et BTS électrotechnique (2010) ; collaboration avec le CNAM pour la création de quatre nouveaux diplômes d'ingénieurs systèmes électriques (2012) ; rénovation des BTS FED²⁰, BTS pilotage des procédés (2013) ; lancement des travaux de rénovation des bacs pro ELEEC²¹ et SEN²², du BTS CIRA²³ (2014). Pour autant, d'après les acteurs interviewés, des insuffisances demeurent et la formation initiale ne répond pas entièrement aux besoins liés aux REI, particulièrement pour les diplômes de niveaux V à III.

3.1. La formation continue

La question de la formation continue est principalement évoquée par les gestionnaires de réseaux. S'ils affirment que le développement des REI va impliquer à terme la mise en place d'actions de formation à destination d'une partie de leurs salariés, les besoins sont le plus souvent peu identifiés. La mise en œuvre d'une ingénierie de formation conséquente pour accompagner, dans un premier temps, le déploiement du compteur communicant, est cependant soulignée.

3.1.1. Une spécificité : importance de la formation interne pour les gestionnaires de réseaux

Les gestionnaires de réseaux de transport et de distribution possèdent des centres de formation qui couvrent l'ensemble des métiers et qui prennent en charge les salariés dès l'embauche et tout au long de leur carrière : « *Nous avons à l'intérieur d'ERDF des écoles des métiers qui offrent à la fois l'infrastructure et des plateformes de formation* ». Cette prise en charge de la formation par l'entreprise permet de répondre aux spécificités des métiers et de coller aux besoins : « *parce qu'en fait on se rend compte qu'on a des métiers quand même, opérateur de réseau de transport assez spécifiques* » (gestionnaire du réseau de transport).

« On a deux centres de formation technique (...) C'est un département d'à peu près 120 salariés, dont 80 formateurs à temps plein (...) Après on a aussi des gestionnaires de formation évidemment parce qu'il faut aussi gérer (...) tout le programme de formation annuel des 8400 salariés, formation et bilan (...) En fait, on est organisé en pôles de formation qui couvrent des métiers. On a 7 pôles de formation : 6 pôles de formation techniques dont un sur la maintenance spécialisée poste, la maintenance contrôle commande et cetera, exploitation... On a 1 pôle de formation qui

²⁰ Fluide, énergie, domotique

²¹ Electrotechnique, énergie, équipements communicants

²² Systèmes électroniques numériques

²³ Contrôle industriel et régulation automatique

est sur le non technique qui s'appelle pôle de formation management métiers transverses. Management, RH, comptabilité, achat et cetera. Là en revanche, on n'a pas de formateurs internes, les formations sont faites soit par des salariés à temps partiel, soit elles sont achetées » (gestionnaire du réseau de transport).

Les gestionnaires des réseaux assument ainsi la formation de leurs personnels, ce qui explique la faible présence des problématiques liées au fonctionnement du réseau électrique au sein des diplômés de formation initiale. Même pour le niveau ingénieur, seules quelques écoles forment sur ces sujets : *« C'est vrai que les réseaux électriques, il y a quelques années n'étaient plus vraiment enseignés (...) Il n'y avait que Supélec et Grenoble qui affichaient des formations réseaux parce qu'on formait les cadres d'ERDF. C'est tout »* (établissement d'enseignement supérieur et de recherche). Les salariés recrutés par ces entreprises ont ainsi des stages de formation relativement importants à leur arrivée : *« On forme les nouveaux arrivants, entre six et neuf mois »* (gestionnaire du réseau de transport).

« On voit qu'il faut donner des formations internes pour compléter la formation initiale, ça c'est clair mais c'est parce qu'il y a très peu de cours sur les réseaux, en école d'ingénieur et même en BTS ou... c'est un métier qui est relativement peu enseigné sur les réseaux. C'est quand même très orienté machine, machine c'est plus, je dirais, production. Réseau c'est... il y a un petit peu de cours sur les réseaux mais assez peu (...) Les écoles ne vont pas développer un cours pour former simplement les gens qui iront chez RTE » (gestionnaire du réseau de transport).

« Jusqu'ici, on ne s'en occupait pas à l'Education nationale. Pourquoi on ne s'en occupait pas, parce que des gens comme EDF, RTE et ERDF, production, transport et distribution, toute la chaîne en fait, formaient en interne leur personnel. En fait, ils prenaient un gamin qui avait un bac pro ELEEC et généralement quand vous rentrez dans ces entreprises-là, vous avez quasiment six mois de formation la première année et cetera » (IGEN).

Pour les entreprises de taille plus modeste, la professionnalisation des salariés se fait, notamment, par la pratique du compagnonnage, complétée par des formations réalisées « en externe ». C'est le cas d'une entreprise locale de distribution :

« On pratique beaucoup le compagnonnage, c'est pratique comme les agents tournent peu, c'est facile de transmettre la compétence comme ça et c'est très bien comme ça. Souvent on passe par des formations externes, en complément... C'est souvent les mêmes que les grands groupes ERDF, GRDF, on s'appuie aussi sur... des équipementiers Schneider et autres pour l'électricité. On essaie aussi de faire du sur-mesure par rapport à nos besoins propres... » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD).

Des formations sont également délivrées par les fournisseurs d'équipements. Néanmoins, le risque de réduire la formation des salariés à une formation réalisée via les industriels (c'est-à-dire une formation liée au matériel) est souligné, cette dernière présentant des limites : *« On a quand même 50 000 heures de formation que l'on achète à nos fournisseurs de matériels (...) Et puis finalement, on se rend compte qu'on a intérêt à développer nous-mêmes des formations pour mieux coller à nos besoins, avec une vision plus « système » et moins « matériel », et adaptée à nos populations »* (gestionnaire du réseau de transport).

« Lors du premier colloque smart grids organisé par la CRE (...) la salle était pleine d'industriels des systèmes d'automates programmables, de télécommunication et cetera. Les normes, c'est eux qui les font, et les formations de façon très concrète, c'est eux qui essaient d'imposer leur standard et qui forment les experts sur le terrain... en fait c'est des formations liées au matériel. Le danger de ça... je ne suis pas persuadé que les personnes qui utilisent ça avec les anciens systèmes aient une vision globale... » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

3.1.2. Le plus souvent, des difficultés à anticiper les besoins

L'idée qui revient en filigrane dans les discours est que les technologies des REI induisent la maîtrise de compétences appartenant à deux champs disciplinaires différents, l'électrotechnique et les TIC : « *L'enjeu des REI c'est quand même ça, c'est-à-dire les gens qui font de l'électrotechnique, ils ont plus que des bases, ils ont une formation avancée en télécom, en process numérique, en programmation, en développement d'algorithmes...* » (gestionnaire du réseau de transport). Ceci impliquerait de former les salariés pour leur permettre d'acquérir les connaissances qui leur font défaut. Les besoins seraient ainsi plus importants pour les techniciens venant du numérique, qui ne possèdent pas de compétences en électrotechnique. Si les électrotechniciens sont, quant à eux, davantage formés aux TIC, un complément serait néanmoins nécessaire.

« Comment des gens qui viennent aussi bien du monde du numérique que du monde de l'électrotechnique, on peut leur proposer un cursus qui vient rajouter la couche nécessaire pour maîtriser les concepts des REI (...) C'était vu avant comme des compétences qui correspondaient à des spectres de formation différents (...) Les gens qui sont aujourd'hui dans des formations BTS électrotechnique, ils ont quand même un accès plus large aux technologies du numérique, ne serait-ce que parce qu'aujourd'hui tous les systèmes, les automatismes et tout, passent par des bases de programmation qui nécessitent de passer par le numérique (...) A l'inverse, les gens qui viennent plutôt du monde du numérique, des formations plutôt télécom réseaux, ils n'ont absolument aucune compétence en électrotechnique » (gestionnaire du réseau de transport).

Par exemple, des formations sur les systèmes d'information et de communication sont envisagées pour les salariés d'une ELD, peu qualifiés pour les plus anciens, et diplômés de bac technologique ou BTS électrotechnique pour les plus récemment recrutés.

« Nous, en général, les agents intègrent [ELD] et ils ne quittent jamais. On a beaucoup de gens qui ont suivi un parcours assez long, et qui n'ont parfois en formation initiale pas grand-chose. Donc on a aussi encore cette population-là. Quand on embauche aujourd'hui, on embauche à un niveau relativement élevé, on essaie d'embaucher des gens avec au moins... y compris en exécution, avec au moins... un bac technique ou technologique, et puis sur des techniciens ce sont des gens qui en général sont de formations électrotechniques bac+2. De fait, je pense qu'on va être obligé de compléter ces formations-là par d'autres, et notamment sur les interactions avec les systèmes d'information, tout ce qui est systèmes d'information... et puis communication. Donc ça, ça sera des compléments qu'il faudra faire... » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD).

Néanmoins, au moment de l'enquête, ces besoins n'étaient pas traduits dans des actions de formation concrètes. Ces dernières sont parfois même considérées comme relativement peu urgentes à mettre en place. Une ELD explique ainsi qu'aucun plan de formation n'est prévu pour l'instant, l'installation des nouveaux compteurs communicants n'étant prévue qu'en 2018 : « *en termes de formation vraiment d'agents existants à ça, aujourd'hui on n'est pas encore dans cette dynamique-là.* » De même, pour les activités liées aux mécanismes de marché, s'il est prévu d'augmenter les équipes, rien de plus concret n'est pour l'instant mis en œuvre.

« On n'est pas encore suffisamment au pied du mur pour avoir besoin de se renforcer et de se former à ça. On se forme au fil de l'eau, soit via les démonstrateurs, soit via les groupes de travail auxquels on participe. Sur le comptage, c'est pareil. Sur le comptage on installe... on a installé 600 linky pour savoir comment ça fonctionne, là on installe du comptage multi fluides, on ne prévoit pas de déploiement du smart metering avant 2018 donc on a encore un peu de temps (...) Aujourd'hui, sur le reste... typiquement sur toutes les activités liées aux mécanismes de marché, il y a l'ouverture des marchés plus généralement, on sait qu'on va avoir tendance à augmenter nos équipes, alors aujourd'hui on anticipe plutôt... on a plutôt mis dans nos plans que ces équipes-là, elles vont être en augmentation. C'est tout. Pas plus que ça » (gestionnaire de réseaux de distribution, ELD).

De la même manière, une mise à niveau des salariés de RTE pourrait concerner « à terme 25 à 30 % » d'entre eux, sur certains métiers : « *c'est valable pour les gens qui s'occupent de l'exploitation des systèmes électriques, les opérateurs de réseaux qui travaillent dans nos centres de contrôle et (...) pour nos équipes de conception et de maintenance des systèmes d'automatismes.* » Mais actuellement, l'offre de formation interne n'intègre pas les REI : « *pour autant, aujourd'hui on n'a quand même pas structuré... on n'a pas des formations spécifiques dédiées REI, entre guillemets.* » Seules des formations sur les mécanismes de marché sont en cours de construction, mais elles ne concernent qu'un nombre limité de salariés.

« On vient de concevoir avec le métier client-marché de nouveaux dispositifs à la fois sur le côté commercial, on développe plus le côté commercial pour le transport d'électricité, vis-à-vis de nos clients, mais aussi vis-à-vis du marché, des mécanismes de marché, qui évoluent quand même pas mal (...) Tout ce qui est vente aux enchères des capacités, équilibre production-consommation... alors là on est... c'est des choses qui bougent beaucoup, mais qui touchent quand même une population assez restreinte... (...) Donc on a un dispositif qu'on est en train de concevoir et qui va pas mal évoluer. C'est là où on peut dire finalement, c'est là qu'on voit plus la coloration réseaux intelligents » (gestionnaire du réseau de transport).

Les équipementiers, quant à eux, recrutent sur ces activités plutôt des sortants de grandes écoles ou d'université, « *directement opérationnels* » ou formés aux technologies de l'entreprise dès l'embauche. Pour l'instant, les transitions professionnelles liées au développement de ces nouvelles technologies ne sont pas traitées via la formation continue : « *On ne le fait pas assez à mon goût [formation interne] mais je pense que c'est un des points sur lequel il faut vraisemblablement qu'on travaille plus. Encore une fois, on n'est pas encore dans la phase où on est exposé à la vague...* » (équipementier).

3.1.3. Un vaste programme de formation pour ERDF

Pour ERDF en revanche, l'évolution des technologies est prise en compte dans la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences, et nécessite la mise en œuvre de plans de formation « *assez sophistiqués* ». La première étape consiste à accompagner le déploiement du compteur Linky (entre 2016 et 2021), qui suppose des formations en interne, avec les partenaires industriels, fabricants de compteurs, équipementiers, acteurs des IT. L'intégration des EnR sur le réseau de distribution implique également la mise en œuvre de formations à destination des salariés.

« La transition, elle est conditionnée d'abord par le déploiement du compteur linky. On aura déployé le compteur linky sur plus de 90 % du territoire français en 2021. Donc il y a déjà des métiers dans la pose du compteur, dans la façon dont le compteur communique, qui sont déjà modifiés (...) Le déploiement du compteur mais aussi d'autres infrastructures hein, le compteur, c'est ce qu'il y a de plus visible mais il y en a d'autres derrière. Et pour ça, la première transition, c'est donc d'accompagner ce déploiement (...) ça suppose des formations à la fois internes mais aussi des formations avec nos partenaires industriels, qu'ils soient fabricants de compteurs, qu'ils soient équipementiers de... de l'électrotechnique ou... des acteurs du système d'information, des IT. Donc on fait passer actuellement des plans de formation assez sophistiqués (...) Deuxième brique, je ne rentrerai pas dans les débats mais intégration plus facile des EnR. C'est exactement le même acabit, il faut développer des technologies sur les réseaux de distribution, plus proches de l'exploitation du réseau qui supposent une montée en compétences de certains agents sur ces thématiques. Donc expliquer pourquoi on fait les choses et comment on fait les choses. C'est principalement ça » (gestionnaire de réseaux de distribution, ERDF).

Ce vaste programme de « *renouvellement de compétences* » est donc prévu sur les six prochaines années et demande une importante ingénierie de formation, 25 000 salariés environ sur les 38 000 que compte l'entreprise seront amenés à être formés.

« Donc la transition, elle se situe dans une fenêtre de tir de 5 à 6 ans. C'est une période qui est relativement favorable pour nous, parce qu'on est dans un renouvellement relativement fort des compétences (...) Il faut imaginer qu'on est sur une société de 38 000 salariés qui n'a pas d'autre choix que de réussir (...) Donc il y a une forme d'ingénierie un peu... un peu lourde à mettre en place, mais qui clairement doit garantir à la fois ce qu'on a évoqué tout à l'heure, la conduite vers la transition énergétique, intégration des EnR, du véhicule électrique et cetera, mais à un coût abordable (...) On ne va pas former 38 000 salariés, mais on va peut-être en former 25 000, 26 000, c'est énorme » (gestionnaire de réseaux de distribution, ERDF).

3.2. La formation initiale

Lorsque le domaine de la formation initiale est abordé, c'est le manque de prise en compte des questions liées aux REI dans les cursus qui est évoqué, et le besoin d'accorder une place plus importante aux TIC dans les formations de l'électrotechnique ou du génie électrique. Mais la nécessité de maîtriser des compétences en électrotechnique de réseaux est aussi fortement soulignée.

3.2.1. Des compétences « smart grids » à intégrer dans les cursus de formation

La plupart des acteurs interviewés estiment qu'aujourd'hui peu d'écoles d'ingénieurs intègrent de manière approfondie les REI dans leur cursus de formation. Le manque d'ingénieurs est donc parfois évoqué, alors que le besoin d'experts va s'accroître, mais cet avis ne fait pas l'unanimité et dépend probablement de l'offre de formation locale :

« Y aura une montée en charge sur ce segment et ça m'inquiète beaucoup de voir le peu d'experts sur ce segment (...) Quand on rentre dans les écoles, quand on regarde les cursus actuels, les cursus intègrent finalement peu ces nouvelles évolutions technologiques » (équipementier).

« Au niveau bac+5, là les choses ont complètement changé, que ce soit autant dans les grandes écoles qu'à l'université, où il y a une vraie prise en compte, très nette, des besoins des industriels, sur ces questions-là. Il y a même des diplômés aujourd'hui smart grids » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Lorsque les REI entreront dans un stade de déploiement, les besoins toucheront aussi les niveaux inférieurs. L'ensemble des professionnels soulignent l'absence de prise en compte des REI dans les formations infra bac+5, alors que ces dernières constituent la part importante des salariés des gestionnaires de réseaux de distribution : « Aujourd'hui on n'a pas trouvé, je vais être très transparent, sur des populations qui sont quand même le gros de nos troupes, bac pro... même CAP-BEP, CAP jusqu'au bac+2, on n'a pas trouvé d'adaptation profonde des diplômés connectés aux réseaux électriques » (gestionnaire de réseaux de distribution).

Le besoin d'une spécialisation au niveau technicien est ainsi mis en avant. Plus largement, les acteurs interviewés estiment qu'il conviendrait d'intégrer au sein de la formation initiale, à tous les niveaux, une initiation aux REI, afin que les élèves en comprennent les fondements et les enjeux. Intégrer des notions sur les REI dans les filières énergétiques des écoles d'ingénieurs est également proposé.

« Au niveau technicien... il y a très peu de spécialisation. Donc je pense qu'il manque une spécialisation au niveau technicien sur ce sujet-là » (équipementier).

« Je ne vois pas quelqu'un qui a suivi un cursus systèmes électriques qui n'a pas une ou deux unités de valeur sur les réseaux intelligents. Alors c'est vrai qu'aujourd'hui on peut s'en passer. Mais dans quelques années, ça va être incontournable » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

« C'est d'intégrer dans les cursus de formation initiale que ce soit par exemple pour des BTS d'électrotechnique, que ce soit pour des bac pro, que ce soit pour des ingénieurs qui s'occupent en particulier des filières énergétiques, d'avoir des introductions sur ce que sont les REI, voire au-delà, sur l'ensemble des formations, sans rentrer dans le détail des REI, d'avoir des éléments pour que les gens prennent conscience de l'enjeu qu'il y a demain à changer finalement la relation du consommateur à tous ces actes qui finalement déterminent la consommation d'électricité » (gestionnaire du réseau de transport).

Il faut noter que tous soulignent la nécessité de maîtriser des compétences en électrotechnique de réseaux. Or, elles sont décrites comme « rares » et devant être renforcées. Par ailleurs, le manque d'intérêt pour ce champ d'application est également signalé.

« De bonnes écoles avec des spécialités où des gens sont formés à l'électrotechnique de réseaux, il y en a assez peu en France, je dirais presque, elles se comptent sur les doigts de la main alors qu'il y a un besoin important, notamment pour les REI, parce que si on veut comprendre ce qui se cache derrière, il faut avoir cette compétence de base » (équipementier).

« Aujourd'hui on trouve beaucoup d'ingénieurs qui... et de techniciens, qui savent faire beaucoup de choses en informatique, mais on observe un désintérêt pour les applications électrotechniques et ça aussi c'est dommage. Donc des gens qui sont au fait des process électriques, il y en a de moins en moins » (équipementier).

Les professionnels demandent ainsi à ce qu'une partie de la formation sur les réseaux électriques, jusqu'alors réalisée en interne, soit introduite dans les formations initiales, en intégrant les concepts liés aux réseaux électriques intelligents. Le Bac pro ELEEC et le bac pro SEN sont ainsi en cours de rénovation au moment de l'enquête.

« Ce qui est nouveau (...) pour plein de raisons, y compris économiques, ces gens-là souhaiteraient que nous on prenne plus en charge ces formations-là, y compris avec les concepts nouveaux (...) On est en train dans les rénovations... je pense au bac pro ELEEC et au bac pro SEN, on est en train de complètement introduire ça dans les référentiels. Donc, les professionnels en question sont avec nous et on est en train de voir avec eux quelles compétences particulières vous voyez sur, comme vous l'avez dit, le transport, la distribution qui tiennent compte entre guillemets du futur REI et qu'est-ce que ça voudrait dire en termes de formation pour nos élèves. Donc là, c'est des chantiers qu'on a ouvert depuis six mois... » (IGEN).

3.2.2. Les compétences associées aux REI dans les diplômes de formation initiale :

Afin d'illustrer ces « compétences » ou « notions » associées aux REI, deux exemples sont analysés. Il s'agit d'une part, d'une formation d'ingénieur adossée à un démonstrateur « *smart grids* », l'organisme de formation faisant partie du consortium, et d'autre part, de travaux concernant les rénovations des bacs pro ELEEC et SEN.

Un diplôme d'ingénieur en apprentissage, spécialité systèmes électriques

Ce diplôme d'ingénieur spécialité systèmes électriques récemment créé (ouverture de la formation en septembre 2014), intègre « la compétence *smart grids* » de « manière transversale ». Les REI recouvrent un large éventail d'activités, de la production d'électricité à la gestion technique des bâtiments, en passant par les réseaux de transports ferroviaires, etc. Que signifie la « compétence *smart grids* » sur le champ qui intéresse l'étude, à savoir le transport et la distribution d'électricité ?

L'étude du réseau électrique se complexifie, « connaître le réseau, c'est connaître ce qui est raccordé aux réseaux ». Ceci implique une remise à niveau sur le fonctionnement du réseau électrique, aspect peu présent dans les formations existantes. Les étudiants doivent aussi acquérir des compétences sur les réseaux informatiques : « Il n'est pas question de dire on va mettre au même niveau

l'électricien en réseaux d'énergie par rapport aux réseaux télécoms mais c'est vrai qu'il doit avoir aussi des compétences en réseau informatique, sur les problèmes de robustesse du réseau informatique, sur la structure de réseau » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

« Donc déjà, c'est une remise à niveau du fonctionnement du réseau électrique au sens large, de transport et de distribution. Donc ça veut dire quoi, réexpliquer l'histoire de l'électricité, pourquoi est-ce qu'on a été vers des réseaux à courant alternatif et pas continu. Et ensuite expliquer les problèmes... du fait qu'on ne peut pas stocker, d'équilibre naturel entre production et consommation. Et ça, c'est des choses qui prennent déjà beaucoup de temps, qu'il est nécessaire de remettre à niveau (...) Le réseau, c'est quand même l'interaction de tous les éléments qui sont raccordés aux réseaux (...) Celui qui étudie le réseau doit avoir des connaissances sur l'interaction entre le réseau et ces sources lumineuses, ou l'interaction avec le véhicule électrique ou l'interaction avec les centrales photovoltaïques » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

Encadré 6. De nouvelles compétences liées aux REI : quelques exemples

*« Il y a le power transfert, c'est à dire les modifications du flux de puissance. Donc vous avez un producteur, vous avez un consommateur donc c'est bidirectionnel. Comment gérer ces flux de puissance ? Donc ça veut aussi dire problème de stabilité, d'intermittence... (...) Il y a ce qu'on appelle power quality donc qualité du réseau (...) La stabilité du réseau, c'est aussi la stabilité liée à l'intégration des EnR sur le réseau. Quand vous avez de l'éolien, comment ça se passe, quand vous avez du photovoltaïque, comment ça se passe. Et évidemment le stockage (...) c'est des choses sur la gestion des flux de puissance et en termes de stabilité. **La stabilité du réseau de distribution c'est quelque chose qui aujourd'hui n'est pas enseigné directement** ».*

*« Il y a de nouvelles technologies de mise en série de composants, c'est des composants électroniques qui ont changé et cetera donc tout un univers lié aux interconnexions des fermes éoliennes (...) La cellule photovoltaïque c'est pareil, quand vous allez relier votre panneau, votre centrale au réseau, vous avez également de l'électronique de puissance (...) Plus vous allez mettre de systèmes d'électronique de puissance sur votre réseau, plus vous allez le polluer en termes d'harmonique (...) Donc la power quality, vous avez actuellement des normes qui se mettent en place pour filtrer... donc **le filtrage et la limitation de ces harmoniques est une compétence à obtenir** ».*

*« Alstom fabrique les composants d'électronique de puissance pour les nouveaux réseaux. Là, l'électronique de puissance est un élément clé. Vous avez **des compétences en électronique de puissance à vraiment mettre au niveau, au top**, pour développer des nouveaux composants, au sens large, pour les fameux REI. Donc ça veut dire que là c'est essentiellement des électroniciens de puissance que vous allez embaucher mais **avec une vision réseau** ».*

*« Donc **la MDE... j'explique... tout ça ce sont des choses qui n'étaient pas enseignées. C'est toute une culture...** (...) Avec le compteur intelligent, c'est ajuster l'équilibre par la consommation avec **l'effacement** (...) Vous voyez que tous ces mécanismes-là sont de nouvelles compétences (...) Au niveau d'un diplôme d'ingénieur, c'est d'expliquer les méthodologies d'effacement, comment ça fonctionne sur le plan physique, économique, sociétal. Moi j'ai fait un petit cours là-dessus. Donc aujourd'hui c'est très rudimentaire, car les compétences elles évoluent très vite (...) Après vous avez tout ce qui concerne l'aspect économique au sens ouverture du marché de l'électricité. Comment marche une enchère ? » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).*

En outre, aux aspects techniques vont venir s'ajouter des aspects économiques et sociétaux. Les domaines devant être enseignés aux étudiants sont ainsi multiples (cf. encadré 6) et complexes à intégrer dans un emploi du temps : *« C'est compliqué, ça demande des heures. Et si vous rajoutez la couche développement durable au sens éco conception alors là... c'est compliqué »* (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

On peut citer pour exemples :

- l'intégration des EnR, la gestion des flux de puissance et la qualité du réseau, le stockage de l'énergie, l'électronique de puissance ;
- la maîtrise de la demande en énergie, l'effacement (aspects techniques, économiques et sociétaux) ;
- des connaissances en sciences économiques (marché de l'électricité), etc.

D'autres besoins en formation sont évoqués pour l'avenir, en cas de passage à des réseaux à courant continu : « *Moi ce qui me tient à cœur, c'est de dire attention on est en train de passer aux réseaux à courant continu. Si jamais ça arrive, les formations vont exploser* » (établissement d'enseignement supérieur et de recherche).

Une rénovation en cours des bacs pro ELEEC et SEN

Des travaux étaient en cours au moment de l'étude dans le cadre des CPC²⁴ afin d'intégrer des compétences liées aux REI dans les bacs pro ELEEC et SEN. La première demande d'ERDF a été d'intégrer l'installation du compteur communicant dans les référentiels de compétences, ajout peu important en termes d'heures de formation : « *La première fois qu'ERDF a toqué à notre porte, il y a un peu plus d'un an, c'était avec les fameux compteurs linky intelligents. Donc leur idée était de dire comment introduire le compteur intelligent dans le référentiel. Nous on leur a dit c'est facile hein... vous vous rendez compte que pour un gamin qui a un bac pro ELEEC, à l'heure actuelle avec deux jours de formation il sait poser son compteur* » (IGEN).

Mais au-delà du simple aspect technique, l'objectif est que les élèves « *maîtrisent le concept* » : « *Ce qu'on est en train de faire dans la rénovation dont je vous parle pour les bac pro ELEEC et SEN, effectivement tout ce qui va être comptage communicant d'ailleurs, plus qu'intelligent, va être intégré dans les connaissances, là aussi encore une fois du concept, puisque ce compteur il communique, il communique quoi... ?* » (IGEN). En effet, pour les niveaux IV et III, les métiers vont probablement peu évoluer, mais les élèves doivent néanmoins avoir des éléments de compréhension de l'environnement dans lequel ils interviennent.

« *Quand on parle alors du CAP c'est l'exemple type, et même jusqu'au bac pro, il ne faut pas oublier que ces gens-là sont avant tout des installateurs et pour le CAP c'est quelqu'un qui va être capable de passer du câble, de faire du câblage. Très honnêtement et c'est pas provocateur de ma part, ces gens-là le réseau électrique... qu'ils passent une fibre optique ou autre chose, ils vont le faire parce que le problème ne va pas être conceptuel (...) Par contre, ça veut dire qu'en même temps que les gamins maîtrisent le concept, parce qu'on ne veut pas en faire non plus que des opérateurs aveugles (...) on est plus dans le champ des savoirs complémentaires, de l'explication, de la compréhension du concept que vraiment dans de la compétence nouvelle quelque part* » (IGEN).

Une place plus importante va également être accordée aux TIC au niveau des bacs pro, notamment à cause du développement des objets communicants. Ces technologies ne sont néanmoins pas nouvelles pour les élèves.

« *Dans la rénovation du bac pro ELEEC et SEN, on a monté en puissance tout ce qui est objets communicants, automatisme, technologie de capteur, ça c'est clair qu'on est en train de le faire. On en revient aussi au compteur linky...(..) Mais ça, par contre, si vous voulez, on n'est pas trop inquiet nous parce que (...) c'est introduire ces technologies-là dans un monde où elles n'étaient que partiellement introduites, mais quelque part, y a rien de nouveau, enfin nos élèves travaillent sur internet depuis 10 ans, 15 ans, simplement (...) maintenant il va falloir qu'ils y travaillent dans d'autres contextes quelque part si vous voulez* » (IGEN).

²⁴ Commissions professionnelles consultatives.

Une des questions posée au moment de l'enquête est l'éventuelle fusion des bacs pro ELEC (« réseaux de puissance ») et SEN (« courants faibles »), les élèves devant devenir davantage polyvalents. Le risque est bien entendu la difficulté pour les élèves de maîtriser l'ensemble des compétences. Une solution intermédiaire serait d'apporter des compléments à chacun des bacs pro, en gardant des spécialistes de chaque domaine : « élargir peut-être un peu la spécialité, donner quand même une approche conceptuelle globale aux gens, mais malgré tout conserver des spécialistes, avoir plutôt une polyvalence d'équipe mais ne pas compter sur une personne qui soit maître de tout, ça nous semble un peu compliqué quand même » (IGEN).

« C'est une vraie question parce que là-dessus on n'est pas forcément au clair non plus (...) Jusqu'ici, les gens du SEN étaient vraiment ce qu'on appelle courants faibles. Les gens de l'ELEC étaient surtout réseaux de puissance et un petit peu courant faible. Dans la rénovation sur laquelle on travaille à l'heure actuelle, on se rend compte que les deux vont devoir être beaucoup plus polyvalents, au point, mais ce n'est pas acté, qu'on se demande si on ne va pas faire un bac pro unique. C'est-à-dire finalement, faire des gens qui maîtrisent les deux. Le problème de faire des gens qui maîtrisent les deux, c'est de risquer de faire des gens qui ne savent rien sur tout (...) Est-ce qu'il ne faudrait pas faire un seul bac pro unique de gens polyvalents ? Ou alors, deuxième idée, on en maintient les deux mais alors sur des gens qui seront surtout des spécialistes de la puissance, on ira quand même beaucoup plus loin sur les courants faibles et les réseaux, et les gens qui ne faisaient que des réseaux, on va leur donner un minimum de culture de la puissance » (IGEN).

Les besoins en formation du point de vue des acteurs interviewés

Résumé

Les besoins en formation continue sont essentiellement évoqués par les gestionnaires de réseaux, les équipementiers privilégiant le recrutement de jeunes diplômés pour les activités liées aux *smart grids*. RTE et ERDF possèdent des centres de formation qui prennent en charge les salariés dès l'embauche et tout au long de leur carrière. Ainsi, pour ces entreprises, l'adaptation des compétences liée au développement des REI repose principalement sur la formation continue, qui est le plus souvent réalisée en interne. Pour les ELD, de taille plus modeste, la professionnalisation des salariés se fait, notamment, par la pratique du compagnonnage et par un recours à des formations réalisées en externe.

Les REI étant associés dans les discours à un besoin de compétences en électrotechnique et TIC, cela suppose, pour les acteurs interviewés, d'apporter aux salariés les connaissances qui leur font défaut : proposer des formations en électrotechnique aux salariés venant du numérique et des télécoms, proposer des formations sur les TIC aux personnels diplômés en électrotechnique ou génie électrique. Cependant, ces besoins apparaissent encore imprécis et ne sont donc pas traduits dans des actions de formation concrètes au moment de l'enquête. Seule ERDF met en place des plans de formation pour accompagner le déploiement du compteur communicant. Plus globalement, l'entreprise prévoit un programme de « renouvellement des compétences », 25 000 salariés seront amenés à être formés dans les prochaines années.

Cette prise en charge de la formation par les entreprises explique la faible présence des problématiques liées au fonctionnement du réseau électrique au sein des diplômés de FI. Or, aujourd'hui, les professionnels demandent qu'une partie de cette formation jusqu'alors réalisée en interne, soit prise en charge par l'éducation nationale.

Concernant la formation initiale, les besoins évoqués au stade actuel concernent essentiellement le niveau ingénieur. Plusieurs écoles d'ingénieurs et universités ont intégré dans leurs cursus des spécialisations sur les REI. Les avis divergent sur cette offre de formation de niveau bac+5 : pour certains, elle apparaît en adéquation avec les besoins, pour d'autres elle demeure insuffisante alors que le besoin d'experts sur les REI va s'accroître dans les années à venir.

En revanche, l'ensemble des professionnels interrogés pointent l'absence de prise en compte des REI dans les cursus infra bac+5. Or, ces niveaux constituent la part importante des salariés des gestionnaires de réseaux. Pour eux, il conviendrait, au-delà des compétences techniques, d'intégrer à tous les niveaux de formation une initiation aux REI pour que les élèves en comprennent les fondements et les enjeux. Cet avis des professionnels apparaît à l'encontre des conclusions d'un rapport du CNFPTLV (*op. cit.*) qui précise que l'offre de formation initiale a été fortement revue pour répondre aux enjeux posés par le développement des *smart grids*. On peut émettre l'hypothèse d'un manque de connaissance du contenu de ces diplômes par certains des acteurs interviewés, d'autant plus que la formation interne est centrale dans la professionnalisation des salariés.

Conclusion. Les besoins en compétences et formation : préconisations

Cette partie conclusive propose de synthétiser les besoins en compétences et formation exprimés par les professionnels et de suggérer des pistes de préconisations en lien avec leurs attentes. Il faut néanmoins rappeler la prudence des acteurs interviewés, due aux incertitudes sur les évolutions à venir. Les besoins formulés sont, de ce fait, rarement précis, les professionnels faisant plutôt part de grandes tendances.

Les réseaux électriques intelligents se situent à la convergence des technologies des systèmes électriques et des technologies de l'information et de la communication. Ainsi, lorsqu'on interroge les acteurs sur les transitions professionnelles induites par le développement des REI, c'est la diffusion des TIC sur les métiers en place qui est principalement évoquée. L'enjeu du développement des REI se situe principalement sur les réseaux publics de distribution. Ainsi, pour les équipementiers, les innovations et nouveaux produits concernent surtout ce segment. Pour les gestionnaires de réseaux, si le numérique est déjà fortement présent dans les métiers du transport, son arrivée va en revanche impacter les métiers de la distribution. La problématique de la gestion des données, de leur traitement et analyse apparaît centrale et sollicite de nouvelles compétences pour les GRD.

Des actions de formation à destination des salariés

Pour les gestionnaires de réseaux, l'adaptation des salariés à ces évolutions repose principalement sur la formation continue. Il s'agit, dans un premier temps, d'accompagner l'installation du compteur communicant : des formations avec les partenaires industriels, fabricants de compteurs, équipementiers et acteurs des IT sont ainsi évoquées. A court terme, des évolutions de métiers liées à ces nouveaux compteurs sont également décrites : les agents diplômés le plus souvent de bac pro électrotechnique vont devoir acquérir des compétences en électronique et informatique industrielle, la conduite de la relation clientèle va également être modifiée avec un plus grand nombre d'interventions à distance, etc. A plus long terme, les métiers de la maintenance, de l'exploitation et du développement du réseau vont également évoluer avec la multiplication des données. Ces changements suscitent ainsi la mise en place de plans de formation relativement conséquents à destination des salariés de ces entreprises.

Comme évoqué précédemment, la formation interne joue un rôle majeur, les centres de formation des gestionnaires de réseaux prenant en charge les salariés dès l'embauche, pour les former aux spécificités des métiers, et tout au long de leur carrière. En revanche, les entreprises locales de distribution ne disposent pas des mêmes infrastructures et des mêmes moyens. Il conviendrait donc de les accompagner dans cette transition, en leur permettant d'identifier leurs besoins et les dispositifs de formation continue associés. A cette fin, pourraient être mobilisés les outils de la politique de l'emploi, les ADEC (Actions de développement de l'emploi et des compétences), pour identifier les axes stratégiques de formation et soutenir les entreprises.

Par ailleurs, la formation est évoquée pour les personnels dont les métiers vont être amenés à évoluer, mais il conviendrait aussi d'informer en interne l'ensemble des salariés sur les REI afin qu'ils en comprennent les enjeux et les impacts éventuels sur les activités de l'entreprise.

Une adaptation des diplômés de formation initiale

Concernant la formation initiale, les besoins évoqués concernent essentiellement le niveau ingénieur. Plusieurs écoles d'ingénieurs et universités ont intégré dans leurs cursus des spécialisations sur les REI. Les avis des acteurs interviewés divergent sur cette offre de formation de

niveau bac+5. Pour certains, elle est en adéquation avec leurs attentes. Pour d'autres, elle demeure insuffisante : ils soulignent en effet le manque d'experts sur les REI alors que les besoins vont s'accroître dans les années à venir. Il faut noter, néanmoins, qu'aucune difficulté de recrutement n'est signalée par les professionnels interrogés au moment de l'étude.

L'absence de prise en compte des REI dans les cursus infra bac+5 est en revanche pointée par l'ensemble des professionnels rencontrés. L'introduction d'une spécialisation sur les REI dans les formations d'électrotechnique ou de génie électrique de niveau bac+2 ou bac+3, comme il en existe pour les ingénieurs, est ainsi suggérée. En effet, lorsque les REI entreront dans une phase de déploiement, les besoins des entreprises concerneront aussi les techniciens. Au-delà des compétences techniques, il conviendrait également d'intégrer à tous les niveaux de formation des éléments généraux sur les REI, afin que les élèves et étudiants en comprennent les enjeux. Si pour les plus bas niveaux de qualification, les métiers vont probablement peu évoluer, il apparaît néanmoins important que les élèves aient une connaissance de l'environnement dans lequel ils vont être amenés à travailler.

Par ailleurs, l'importance et la rareté des compétences en électrotechnique de réseaux sont rappelées à maintes reprises. La nécessité de renforcer les enseignements sur le fonctionnement du réseau électrique dans les formations initiales, grandes écoles comprises, apparaît ainsi comme un préalable, ce domaine étant peu abordé dans les formations. Ceci s'explique par la prise en charge de la formation des salariés par les entreprises. Or, aujourd'hui, les professionnels demandent qu'une partie de cette formation jusqu'alors réalisée en interne soit prise en charge par l'éducation nationale.

De plus, la question de l'attractivité des formations en électrotechnique est posée. Le manque d'intérêt pour les applications électrotechniques, notamment pour les personnes venant des TIC, est identifié comme un obstacle par les acteurs interviewés. Les écoles en informatique ont intégré des spécialisations sur l'énergie, mais l'introduction d'options spécifiques sur les REI pourrait aussi être proposée afin de faire connaître ce champ d'application. En outre, l'utilisation de l'image positive associée à la transition énergétique permettrait plus largement de promouvoir les formations électrotechniques. Des supports d'information pourraient par exemple être publiés sur le portail « orientation pour tous »²⁵ à destination des salariés, demandeurs d'emploi, lycéens, etc.

Enfin, l'intérêt de développer des collaborations entre les centres de formation des industriels et les autres modalités de formation est souligné par le CNFPTLV (*op. cit.*), les technologies évoluant très vite. La feuille de route de la Nouvelle France Industrielle (*op. cit.*) prévoit dans ce sens la création de l'académie des REI. Il conviendrait donc de faire le point sur ce type de collaboration : quelles sont les modalités de coopération possibles, quels en sont les apports, les limites, etc. ?

Penser l'articulation de compétences issues de champs disciplinaires différents

Les évolutions induites par le développement des REI se traduisent dans les propos des acteurs par la nécessité de maîtriser des compétences appartenant à des champs disciplinaires différents : électrotechnique et TIC. Un rapport de l'IRFEDD²⁶ (2015) va dans ce sens et souligne que le déploiement des réseaux intelligents implique de former des salariés multi-compétents. S'il précise que des formations en électrotechnique allient déjà des disciplines liées à la fois à l'énergie, à l'informatique et à l'électronique, il ajoute cependant que « *certaines observateurs estiment que ces formations abordent ces différentes disciplines de manière encore trop cloisonnée et sont donc insuffisamment adaptées pour former des personnels véritablement multi-compétents* ».

²⁵ Information et orientation sur les formations et les métiers. www.orientation-pour-tous.fr

²⁶ Institut régional de formation à l'environnement et au développement durable.

Du côté de la formation continue, cela implique, pour les professionnels interviewés, de former les salariés afin de leur permettre d'acquérir les compétences qui leur font défaut : par exemple, apporter des compétences plus approfondies sur les systèmes d'informations aux salariés diplômés en électrotechnique ou génie électrique, et des compétences en électrotechnique de réseaux aux salariés venant des télécoms. Du côté de la formation initiale, il s'agit d'accorder une place plus importante aux TIC dans la filière électrotechnique. Ceci est d'ailleurs pris en compte dans la rénovation du bac pro ELEEC, notamment à cause du développement des objets communicants. Ces technologies ne sont cependant pas nouvelles pour les élèves.

Néanmoins, la complexité des concepts associés aux REI interroge sur la mise en œuvre effective de formations « pluridisciplinaires. » Le risque évoqué est la difficulté pour les élèves ou les salariés de maîtriser l'ensemble des compétences. Les alternatives proposées sont donc d'apporter des compléments aux formations existantes ou encore de mettre en place des équipes de travail pluridisciplinaires au sein des entreprises, afin notamment de faciliter les apprentissages au cours de la période de formation en milieu professionnel.

Bibliographie

Site dédié aux smart grids de la CRE : <http://www.smartgrids-cre.fr>

Site de l'Ademe : <http://www.ademe.fr>

Site des pôles de compétitivités énergie et TIC français : <http://www.Smartgridsfrance.fr>

Plateforme européenne sur les smartgrid : <http://www.smartgrids.eu>

ADEME, 2013, *Systèmes électriques intelligents*, feuille de route stratégique.

ADEME, 2013 b, *Systèmes électriques intelligents : enjeux et prospective*, *Ademe et vous*, n°3, juin.

ADEME, 2009, *Feuille de route sur les réseaux et systèmes électriques intelligents intégrant les énergies renouvelables*.

ADEME, 2012, *Maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables : état des lieux des marchés et des emplois*, *Stratégie et études*, n°34, novembre.

AEPI, 2016, *Les smart grids dans la région grenobloise*, avril.

APEC, 2010, *Les métiers du secteur de l'énergie*, les référentiels des métiers cadres.

Branche professionnelle des Industries Electriques et Gazières, Observatoire Prospectif des Métiers et des Qualifications, 2008, *Les métiers de la distribution*, rapport final.

CNFPTLV, 2015, *Propositions de priorités nationales de formation liées à la transition écologique et recommandations pour les futurs CPRDFOP*.

COSEI, 2011, Groupe de travail systèmes électriques intelligents et stockage de l'énergie, *Soutenir la compétitivité de la filière française des systèmes électriques intelligents et du stockage de l'énergie*, rapport final.

Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2014, *La crise du système électrique européen : diagnostic et solutions*.

Comité de filière « Electromécanique, construction électrique et réseaux », 2009, Plan de mobilisation nationale sur les métiers de la croissance verte.

Conseil national du débat sur la transition énergétique, 2013, *La transition énergétique. Face à des scénarios probables, quelle conduite du changement pour les métiers, les emplois, les compétences et les qualifications, les dispositifs de formation ?*, rapport du groupe de travail.

CRE, 2013, Consultation publique de la Commission de régulation de l'énergie sur le développement des réseaux électriques intelligents en basse tension.

CRE, 2014, Synthèse de la consultation publique de la Commission de régulation de l'énergie sur le développement des réseaux électriques intelligents en basse tension.

CRE, 2015, Délibération de la commission de régulation de l'énergie du 25 février 2015 portant communication sur le développement des réseaux intelligents.

Débat national sur la transition énergétique, *La transition énergétique face à des scénarios probables, quelle conduite du changement pour les métiers, les emplois, les compétences et les qualifications, les dispositifs de formation ?* Rapport du groupe de travail n° 6.

European Commission Task force for smart grids, 2010, *Expert Group 1: Functionalities of Smart Grids and Smart Meters*.

European Commission, 2006, *Livre vert Une stratégie européenne pour une énergie sûre compétitive et durable* (COM 2006).

European Commission, 2007, *An Energy Policy from Europe*, Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament (COM 2007/1).

European Commission, 2009, *White Paper Modernising ICT standardisation in the EU – The Way Forward* (COM2009/324).

European Commission, 2010, *Énergie 2020 : Stratégie pour une énergie compétitive, durable et sûre* (COM/2010/0639 final).

European Commission, 2011, *Feuille de route vers une économie à faible intensité de carbone à l'horizon 2050* (COM/2011/112/4).

European Commission, 2011a, *Réseaux intelligents: de l'innovation au déploiement*, Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament (COM/2011/202 final).

European Commission, 2011b, *Roadmap to a Resource Efficient Europe*, Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament (COM/2011/0571 final).

European Commission, 2013, *Livre vert Un cadre pour les politiques en matière de climat et d'énergie à l'horizon 2030* (COM 2013/169).

FNCRR, 2013, *Réseaux et territoires intelligents, quelles contraintes et quel positionnement pour les collectivités ?*

Gimelec, 2010, *Livre blanc sur les réseaux électriques intelligents*.

Inter carif-Oref, 2012, *Du développement durable à la croissance verte, quels impacts sur les métiers, l'emploi et les qualifications ?* Synthèse documentée.

IRFEDD, 2015, *Les réseaux intelligents aux services du mix énergétique*, Commission « Maîtrise de l'énergie et énergies renouvelables », Les cahiers du Conseil d'orientation.

ITEMS international, Bretagne Développement Innovation, 2013, *Etude sur le développement des smart grids en Bretagne*.

Nouvelle France Industrielle, 2014, *Plan réseaux électriques intelligents*, Feuille de route.

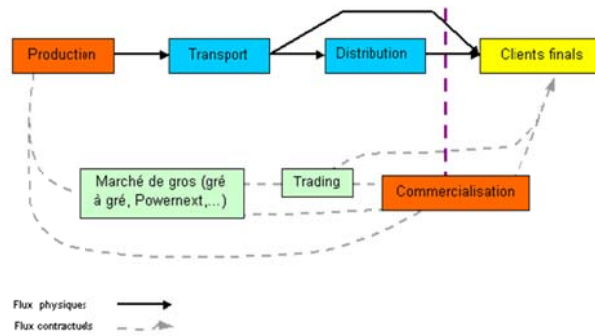
Observatoire national des emplois et métiers de l'économie verte, 2013, rapport d'activité 2012, CGDD.

Picard Fabienne, Cabaret Katy, 2015, *Politique européenne de l'énergie et transition vers un système énergétique décarboné fondé sur les smart grids*, *Innovations*, n° 46, p.33-69.

RTE, 2013, *Feuille de route R&D, Plan d'implantation 2013-2016*.

Annexe 1 : le fonctionnement du marché de l'électricité

Structure et fonctionnement du marché de l'électricité en France



Source : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

Le marché de l'électricité est organisé autour de quatre pôles - la production, le transport, la distribution, la commercialisation.

- la production d'électricité. Il s'agit d'une activité concurrentielle exercée sous un régime d'autorisations délivrées par le ministre chargé de l'énergie. 90 % de la production est assurée par le parc de production d'EDF qui est essentiellement nucléaire (85 %) ;
- le transport de l'électricité. RTE est le gestionnaire de réseau public en charge des infrastructures de transport (gestion, construction, entretien...) ;
- la distribution d'électricité. Cette activité est organisée en monopole et par zone géographique. Ce sont ERDF et les entreprises locales de distribution qui ont en charge la distribution. Les gestionnaires de réseau de distribution ont aussi en charge la relève des compteurs ;
- la commercialisation de l'électricité : il s'agit de l'activité de vente aux consommateurs finaux, qui se situe à l'interface entre les distributeurs et les clients finaux. Cette activité est ouverte à la concurrence et consiste à vendre au détail de l'électricité achetée en gros ou produite si le commercialisateur possède des moyens de production, en fournissant éventuellement des services complémentaires liés à l'énergie.

L'activité de transport est exercée par une entreprise juridiquement distincte des entreprises exerçant des activités concurrentielles dans le secteur de l'électricité (c'est-à-dire la production ou la vente d'électricité). Cette séparation juridique se double de mesures garantissant l'indépendance managériale de cette société.

Pour l'activité de distribution d'électricité, les obligations de séparation juridique et managériale s'imposent aux plus grands distributeurs d'électricité se trouvant au sein d'entreprises intégrées, c'est-à-dire ceux qui desservent plus de 100 000 clients : il s'agit d'ERDF et de quatre distributeurs non nationalisés : la régie de l'Usine d'Electricité de Metz (UEM), Sorégies, Régies des deux Sèvres, Electricité de Strasbourg.

Les différents acteurs du marché de l'électricité peuvent échanger des « blocs » d'électricité de gré à gré ou sur la bourse d'électricité, Powernext. Ces lieux d'échanges sont utilisés par les

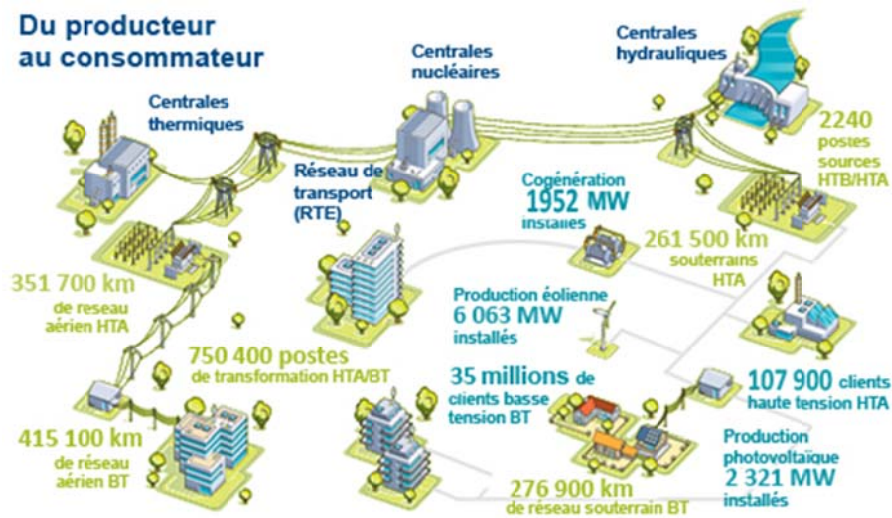
commercialisateurs, les traders et les clients finaux eux-mêmes. Ces échanges sont contractuels, ils ne correspondent à aucun mouvement physique d'électricité.

Le marché de l'électricité a été ouvert à la concurrence le 1^{er} juillet 2007. Par ailleurs, la France met en œuvre un système d'accès réglementé aux réseaux, c'est-à-dire avec des tarifs d'utilisation des réseaux fixés sur proposition de la CRE.

(cf. site du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie²⁷).

²⁷ <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

Annexe 2 : le fonctionnement du réseau public d'électricité



Source : ERDF

Les réseaux publics d'électricité sont les infrastructures qui permettent d'acheminer l'énergie depuis les installations de production jusqu'aux installations de consommation.

Le réseau public de transport de l'électricité se compose d'un réseau « de grand transport et d'interconnexion », et d'un réseau de « répartition » (100 000 km) :

- le réseau de transport et d'interconnexion achemine en 400kV ou 225kV (réseaux HTB) de grandes quantités d'énergie sur de longues distances. Ces « autoroutes de l'énergie » desservent les interconnexions avec les réseaux des pays étrangers, les centrales nucléaires et quelques grandes installations de production hydraulique et thermique, ainsi que les réseaux de répartition ;
- les réseaux régionaux de répartition répartissent l'énergie au niveau des régions et alimentent les réseaux de distribution publics ainsi que les gros clients industriels en 225 kV, 910 kV, et 63 kV. Ils collectent aussi l'énergie produite par les installations de production de taille intermédiaire ;
- les réseaux de distribution à 20 kV et 400 V desservent les consommateurs finaux en moyenne tension (PME et PMI) ou en basse tension (clientèle domestique, tertiaire, petite industrie). Ils collectent également l'énergie produite par les fermes éoliennes, les installations photovoltaïques et la majorité des installations de cogénération. Ils sont composés de réseaux exploités à 400 volts triphasés et 230 volts monophasés (réseaux BT) ;
- les réseaux publics d'électricité sont constitués par un ensemble de conducteurs et de postes électriques permettant d'acheminer l'énergie : « Les conducteurs sont les lignes aériennes ou câblages souterrains (ou câblages courants en façade d'immeuble) desservant le territoire selon un schéma maillé ou arborescent. Les postes électriques sont situés aux nœuds du maillage ou de l'arborescence des conducteurs. Ils accueillent les transformateurs (pour le changement de niveau de tension), les organes d'aiguillage et de manœuvre des flux et les équipements de surveillance et de sécurité du réseau » (cf. site de la CRE).

L'interface entre le réseau public de transport et les réseaux publics de distribution est constituée par environ 2200 postes de transformation HTB/HTA ou « postes sources ». L'interface entre les réseaux HTA et les réseaux BT est constituée par les postes de transformation ou « postes de distribution » (700 000 postes) (cf. site de la CRE).

[Abonnez-vous à notre newsletter en cliquant ici](#)

Retrouvez l'activité et les publications du Céreq

WWW.CEREQ.FR

et suivez-nous sur Twitter

@PRESSECEREQ

ISSN en cours