



# 11 Recherche et développement, brevets et licences

---

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| <b>11.1</b> | <b>Organisation de la R&amp;D et chiffres clés</b>                            | <b>204</b> |
| <b>11.2</b> | <b>Les priorités de la R&amp;D</b>  | <b>205</b> |
| 11.2.1      | Consolider et développer un bouquet énergétique décarboné                     | 205        |
| 11.2.2      | Favoriser une demande énergétique flexible et faiblement émettrice de carbone | 206        |
| 11.2.3      | Adapter le système électrique à ces nouveaux enjeux                           | 207        |
| <b>11.3</b> | <b>L'international et les partenariats</b>                                    | <b>208</b> |
| <b>11.4</b> | <b>Politique de propriété intellectuelle</b>                                  | <b>209</b> |

La Direction Recherche et Développement (« R&D ») du groupe EDF a pour missions principales de contribuer à l'amélioration de la performance des unités opérationnelles, d'identifier et préparer les relais de croissance à moyen et long termes et d'anticiper les défis et enjeux majeurs auxquels le Groupe est confronté dans le contexte mondial de l'énergie. Ces éléments de contexte concernent en particulier :

- les ressources fossiles, qui s'épuisent, et le réchauffement climatique, qui implique des questionnements et régulations sur le taux d'émission des gaz à effet de serre ;
- les usages de l'eau, la gestion de l'environnement, etc. ;
- le développement rapide de pays émergents, qui déplace les zones de consommation ;
- le développement important des technologies de l'information dans le milieu de l'énergie, qui donne de nouvelles opportunités au métier d'électricien ;
- les clients, consommateurs qui deviennent aussi producteurs, et souhaitent mieux consommer, vivre dans des bâtiments, des quartiers ou des villes plus autonomes en énergie.

Dans ce contexte, le rôle à jouer par la R&D est crucial pour trouver des solutions à l'ensemble de ces défis. Ses axes de recherche s'articulent autour de trois grandes priorités :

- consolider un bouquet énergétique « décarboné » grâce à des actions qui visent à améliorer encore la sûreté et la performance du parc nucléaire actuel, sa durée de fonctionnement et le développement de

nouveaux réacteurs, en intégrant le retour d'expérience de l'accident de Fukushima, à accroître la sûreté d'exploitation et la performance des ouvrages hydrauliques exploités par EDF et à mettre au point des outils et des méthodes visant à accompagner le développement des énergies renouvelables ;

- développer une demande énergétique flexible et faiblement émettrice de carbone, grâce à l'amélioration de la connaissance de la demande, au développement de l'efficacité énergétique chez les clients, à la promotion des nouveaux usages performants de l'électricité souvent associés aux énergies renouvelables (pompes à chaleur, mobilité électrique...), au développement de la modélisation technique et économique au service d'une ingénierie pour le bâtiment, l'industrie et la ville durable et au développement de l'intégration des usages et consommations au système électrique via le *smart grid* et les tarifs ;
- adapter le système électrique par l'amélioration de la gestion des actifs de réseau, les modèles d'optimisation et les *scenarii* économiques pour les projets de nouvelles infrastructures de transport, l'insertion des énergies intermittentes et le développement des *smart grids*.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre de l'engagement des « 3 x 20 »<sup>1</sup> à horizon 2020, défini par l'Union européenne à travers un *Strategic Energy Technology Plan* qui donne une feuille de route des développements et déploiements de technologies clés concernant notamment les énergies solaires, la capture et stockage du carbone, l'efficacité énergétique et les villes durables. Elle s'appuie pour y parvenir sur des partenariats public-privé auxquels EDF participe activement, permettant de partager les risques.

## 11.1 Organisation de la R&D et chiffres clés

La R&D d'EDF est intégrée et multidisciplinaire pour faciliter les synergies et transferts de méthodes entre métiers et entre sociétés du Groupe.

En 2012, le montant global du budget de recherche et développement d'EDF s'est élevé à 523 millions d'euros. C'est l'un des budgets de R&D les plus élevés parmi les grands électriciens. Environ 70 % du budget sont alloués à des programmes construits annuellement avec les directions opérationnelles et des filiales d'EDF. Les 30 % restants sont dédiés à des actions d'anticipation de moyen et long termes qui s'inscrivent dans les grands axes prioritaires de la R&D du Groupe.

Environ 20 % de ce budget ont été consacrés en 2012 à la protection de l'environnement. Ces dépenses portent notamment sur la recherche sur l'efficacité énergétique, les usages de l'électricité en substitution à des énergies fossiles, les énergies renouvelables et leur insertion dans le système électrique, la ville durable, sur les impacts locaux du changement climatique et d'autres problématiques environnementales telles que la biodiversité, la qualité de l'eau ou encore la réduction des nuisances.

La R&D d'EDF compte plus de 2 000 collaborateurs, dont 80 % de cadres et environ 150 doctorants. 200 chercheurs enseignent dans les universités et les grandes écoles. Elle embauche chaque année une centaine de personnes et a un flux de mobilité exportateur vers les autres entités du groupe EDF. La Direction R&D est composée de 15 départements. Ses compétences couvrent l'ensemble des champs d'activité du Groupe : énergies renouvelables, réseaux, production nucléaire, thermique, hydraulique, management d'énergie, commerce, Systèmes d'Information, environnement. Elles sont à la fois disciplinaires, métiers, projets et intégratrices sur des grands systèmes. L'évolution des compétences et de leur effectif est gérée sur une période glissante de trois ans.

La R&D d'EDF gère un organisme de formation interne, l'Institut de transfert de technologie (ITech) qui a pour vocation de diffuser les pratiques, les savoir-faire et les innovations issues de la R&D d'EDF vers le groupe EDF. Un catalogue d'une centaine de formations est actualisé chaque année et intégré

depuis cette année dans les Académies des Métiers (voir section 17.1.2 (« Politique de formation et de mobilité »)).

La R&D est à ce jour organisée autour de sept sites : trois sont situés en région parisienne, un en Allemagne, un au Royaume-Uni, un en Pologne et un en Chine. Les centres de Chatou et des Renardières, près de Fontainebleau, comptent chacun 500 personnes environ. Le centre de Clamart compte près de 1 000 personnes.

Le Conseil d'administration d'EDF a approuvé en novembre 2010 le projet d'implanter le centre principal de R&D d'EDF, actuellement à Clamart, sur le campus de Paris-Saclay. Le permis de construire a été obtenu et purgé du recours des tiers. Ce centre est destiné à accueillir jusqu'à 1 500 personnes, incluant des chercheurs du Groupe et des étudiants en thèse. EDF donne ainsi une nouvelle ambition à sa R&D et met l'innovation et la recherche scientifique et industrielle au cœur de ses priorités. Ce choix positionne EDF comme un acteur de premier plan du campus de Paris-Saclay et lui permettra de bénéficier d'une dynamique de coopération renforcée avec les établissements d'enseignement supérieur et les centres de recherche publics et privés installés à proximité. Ainsi en 2012, plusieurs partenariats ont été contractualisés avec des institutions présentes sur le plateau de Paris Saclay :

- un laboratoire commun de recherche entre EDF et Telecom Paris Tech a été lancé sur l'internet des objets et la cybersécurité (SEIDO) pour les systèmes électriques. Son enjeu est de préparer et faciliter le déploiement de services de gestion de la demande énergétique et d'efficacité énergétique s'appuyant sur des objets énergétiques communicants et interopérables (chauffage, climatiseurs, produits blancs et bruns, véhicules électriques...), et ainsi contribuer à assurer la cohérence de l'ensemble du système ainsi que sa sûreté (sécurité, confidentialité...);
- le laboratoire commun *Rise Grid* sur la modélisation et simulation des *smart grids* avec Supelec ;
- l'institut SEISM sur la modélisation du séisme de la faille à la structure, regroupant EDF, le CEA, l'École centrale Paris, l'ENS Cachan et le CNRS.

(1) Une réduction de 20 % des émissions à effet de serre, une amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique et une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'UE.

Le Programme Gaspard-Monge pour l'Optimisation mathématique (PGMO), en lien avec la Fondation de mathématiques Jacques-Hadamard, a également été inauguré en 2012 à l'École polytechnique grâce à un mécénat de la Direction de la R&D d'EDF.

Les sites de la R&D abritent deux unités mixtes de recherche avec le CNRS : le laboratoire de mécanique des structures industrielles durables et l'Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque, et deux centres internationaux de R&D : le *Materials Ageing Institute* et l'*European Center Laboratories for Energy Efficiency Research*.

En Allemagne, l'*European Institute for Energy Research* (« EIFER »), institut commun créé en 2002 entre EDF et l'université de Karlsruhe, rassemble plus d'une centaine de personnes. Depuis 2010, trois nouvelles unités de R&D ont été créées : une équipe commune avec EDF Polska installée à Cracovie en Pologne, un centre commun avec EDF Energy à Londres et un centre à Pékin en lien avec la Direction Asie-Pacifique d'EDF, inauguré en juin 2011. Son objectif est d'être au contact des grands acteurs de l'énergie en Chine au moment où celle-ci développe et modernise ses infrastructures tant dans le champ de la production que dans celui des réseaux.

Aux États-Unis, l'énergie est un domaine important de la R&D, notamment sur les thèmes de l'environnement, de l'indépendance et de la sécurité d'approvisionnement. Son développement est soutenu par la législation américaine. En ce qui concerne l'électricité, l'*Electric Power Research Institute* (« EPRI ») est l'un des partenaires clés de R&D. Il fournit technologies et analyses économiques et stratégiques à ses membres, qui représentent plus de 90 % de l'électricité produite aux États-Unis et rassemblent environ 40 pays. Depuis plusieurs années, une équipe de chercheurs de la R&D est détachée aux États-Unis et travaille en étroite collaboration avec l'EPRI et EDF Inc. Le partenariat avec l'EPRI couvre de multiples domaines, tels que l'énergie nucléaire, les énergies renouvelables, les réseaux intelligents, l'efficacité énergétique, le captage et le stockage de CO<sub>2</sub>.

Pour la réalisation de ses travaux, EDF continue d'investir dans des moyens de simulation numérique puissants et reconnus. Elle développe des codes de calculs et moyens de calculs de pointe au premier rang des industriels.

Le Groupe possède par ailleurs des moyens expérimentaux uniques comme des boucles analytiques spécifiques (chimie-corrosion, rupture, aérodynamique...), des boucles centrées sur des composants ou des *process*, des moyens d'interventions d'essais sur site ou des moyens dédiés à la caractérisation des matériaux et de leur vieillissement. EDF a également décidé l'investissement de nouveaux moyens d'essais :

- un nouveau laboratoire dédié aux bâtiments à basse consommation. Parce que les deux tiers de la consommation électrique proviennent des bâtiments, EDF s'efforce d'optimiser leurs performances énergétiques. EDF a mis en service en 2012 un laboratoire dédié à l'isolation thermique et aux tests portant sur l'enveloppe des bâtiments ;

- un nouveau laboratoire d'éclairage : avec l'émergence des LED de puissance, technologie de rupture dans l'éclairage, EDF souhaite disposer de données techniques fiables sur des produits innovants afin d'apporter un « conseil leader » auprès de ses clients. Mis en service en 2012, le nouveau laboratoire d'éclairage de la R&D EDF permettra de valider des choix technologiques, de vérifier des données en termes d'efficacité énergétique et de proposer des offres en adéquation aux réglementations ;
- « *Concept Grid* » : Concept Grid est un réseau électrique à échelle réduite dont la finalité est de tester et d'éprouver l'insertion des matériels innovants et des systèmes « intelligents » constitutifs d'un *smart grid* avant leur installation sur le réseau. Concept Grid vise à préparer les évolutions du réseau de distribution en étudiant l'intégration de nouveaux composants et d'équipements issus des technologies de communication et d'information et facilitant la gestion de la demande. Il vise également à faciliter l'intégration de la production décentralisée en étudiant le comportement des moyens de production sur le système électrique et en étudiant les applications de stockage d'électricité. La plate-forme Concept Grid sera opérationnelle courant 2013.

EDF et RTE, sous le contrôle de la CRE et en application des dispositions du troisième Paquet Énergie, ont convenu de faire évoluer les modes de contractualisation d'études et d'essais effectués par la R&D d'EDF pour le compte de RTE. Cette évolution va conduire la R&D d'EDF à racheter les laboratoires propriété de RTE sur le site des Renardières.

La R&D renforce également sa capacité à industrialiser et valoriser l'innovation interne et développer une ouverture sur l'innovation externe. Elle a pour objectif de parvenir à intégrer des innovations dans les processus industriels du Groupe. La démarche s'articule autour de deux actions :

- mieux valoriser l'innovation interne et accélérer le *time to business* par des actions en collaboration avec les métiers visant à accélérer et favoriser la phase d'industrialisation. Ainsi, une équipe dédiée aide à protéger et valoriser la propriété intellectuelle et le potentiel d'expertise de la R&D d'EDF et à accélérer le transfert et l'industrialisation des innovations ;
- développer une ouverture sur l'innovation externe et, le cas échéant, mettre en démonstration des innovations externes.

EDF est l'investisseur principal d'Electranova Capital, fonds de capital-risque pour les *start-ups* spécialisées dans les « *cleantech* » lancé en mai 2012 avec le soutien d'Allianz et en partenariat avec Idinvest Partners. Le fonds Electranova Capital, doté d'une capacité d'investissement minimum de 60 millions d'euros, a vocation à favoriser l'émergence de projets innovants dans les nouvelles technologies afin de relever le défi d'un modèle énergétique bas carbone. Electranova Capital a réalisé en 2012 ses deux premiers investissements dans la Société Actility, société française spécialisée dans les « réseaux intelligents » ou *smart grids*, et dans la société norvégienne Seatower, qui a développé une solution de fondations gravitaires novatrices pour l'éolien en mer.

## 11.2 Les priorités de la R&D

La R&D d'EDF travaille pour tous les métiers du Groupe. Elle propose, pour le compte des métiers, des solutions technologiques ou des modèles d'affaires innovants et économiques permettant d'améliorer la performance de ces métiers, et prépare l'avenir du Groupe à plus long terme par des actions d'anticipation de moyen et long termes. Elle contribue à faire d'EDF un groupe industriel mondial des systèmes électriques décarbonés.

L'ambition de la R&D d'EDF dans le contexte en profonde évolution de l'énergie se décline selon trois axes majeurs : consolider et développer un bouquet énergétique décarboné, favoriser une demande énergétique flexible et bas carbone et adapter le système électrique à ces nouveaux enjeux.

### 11.2.1 Consolider et développer un bouquet énergétique décarboné

Dans le domaine de la production nucléaire, hydraulique et thermique à flamme, la R&D d'EDF développe des outils et méthodes pour améliorer la sûreté des moyens de production, optimiser leur durée de fonctionnement et accroître leurs performances de production et environnementales. Trois objectifs majeurs sont prioritaires : pérenniser l'avantage nucléaire du Groupe, développer les énergies renouvelables et examiner la faisabilité industrielle de la capture et du stockage du carbone.



Pour conforter et pérenniser l'avantage nucléaire du Groupe, la R&D travaille à protéger le patrimoine d'EDF en inscrivant ses actions dans le cadre de la démarche d'amélioration de la sûreté des installations, en cherchant à développer ses performances et étendre sa durée de fonctionnement. Les actions dans ce domaine traitent également les questions liées au cycle du combustible et conduisent à évaluer la conception de nouvelles centrales, en particulier celles de quatrième génération et les petits réacteurs modulaires (*Small Modular Reactor* – « SMR »). Enfin, les actions de la R&D contribuent à la connaissance et la maîtrise de l'impact des installations sur l'environnement et symétriquement à la prise en compte des risques environnementaux sur les outils industriels. La R&D étudie ainsi les perspectives d'évolution de la disponibilité de la ressource en eau liée à l'évolution du climat et des territoires. Les travaux de la R&D fournissent ainsi des éléments de compréhension sur les risques et conséquences possibles pour le parc de production (disponibilité de la source froide, capacités de modulation, optimisation de placement).

Les questions posées sur les thèmes évoqués ci-dessus nécessitent une bonne compréhension des phénomènes mis en jeu. Pour soutenir ces programmes, la R&D développe donc des outils de simulation numériques et des moyens d'essais expérimentaux, ainsi que les outils capables de gérer les nouveaux défis posés par la croissance des masses de données numériques, la sécurité informatique et les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Les événements de Fukushima en 2011 ont conduit à intensifier la recherche autour de la sûreté, de l'environnement (agressions externes) et de la durée de vie, mais aussi à s'intéresser à de nouveaux sujets comme la réhabilitation d'une zone habitée évacuée après un accident nucléaire. Ainsi en 2012, la R&D d'EDF a contribué aux Évaluations Complémentaires de Sûreté en menant des études détaillées notamment sur les thèmes suivants : étude d'ambiance radiologique sur site en cas de rejets, études de marges sur la tenue de structure au séisme, études sur les niveaux d'agressions (inondations, agressions climatiques) retenus pour le dimensionnement des matériels importants pour la sûreté.

En 2012, la R&D d'EDF, en lien avec d'autres acteurs du nucléaire européens, est également à l'initiative de NUGENIA, association internationale à but non lucratif créée en mars 2012 et dont l'objectif est de devenir le cadre unique de coopération en R&D en Europe pour les systèmes nucléaires de deuxième et troisième générations et ce, au sein de la plateforme européenne SNETP (*Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*). L'association regroupe 60 membres de 18 pays. EDF assure la présidence de cette association qui facilitera la création de synergies et de projets communs entre membres ou avec des programmes nationaux de R&D dans les domaines suivants : sûreté et analyse de risques, accidents graves, cœur et performance des réacteurs, intégrité et vieillissement des composants, combustibles, déchets et démantèlement, « Design génération III innovateur », avec également des enjeux transverses en matière d'harmonisation de pratiques (principalement dans le domaine de la sûreté) et de contrôles et évaluations non destructifs.

EDF est également à l'initiative du lancement en 2012 du projet Connexion sur les systèmes futurs de contrôle commande nucléaire numérique, dans le cadre des projets d'« Investissements d'avenir » de l'État français<sup>1</sup>. Ce projet regroupe des partenaires industriels et académiques de la filière nucléaire française autour d'un programme de recherche ambitieux destiné à préparer les futures méthodes de conception, de qualification ou de rénovation des installations d'instrumentation et de contrôle par commande numérique des centrales. Cette initiative répond également à un enjeu d'harmonisation des solutions industrielles au sein de la filière.

La deuxième priorité est celle de l'appui au développement des énergies renouvelables. Celles-ci jouent un rôle grandissant dans le paysage énergétique européen, et EDF, acteur déjà important, souhaite accroître encore ses positions dans ce domaine.

Dans les énergies renouvelables, la R&D a pour objectif d'identifier les ruptures technologiques à forts enjeux compétitifs et contribuer à faire émerger

industriellement les technologies les plus prometteuses en partenariat avec le monde académique et industriel. Les énergies renouvelables étudiées par EDF sont multiples : hydraulique, photovoltaïque, éolien terrestre et en mer, solaire thermodynamique, biomasse, énergies de la mer, géothermie...

La R&D travaille également au développement de la performance pour EDF, développeur-exploitant de systèmes de production d'électricité à base d'énergies renouvelables insérées dans des systèmes électriques, dans le but :

- de réduire les risques des investissements ; par exemple, la R&D développe les outils de prévision du productible éolien et photovoltaïque. Les travaux de la R&D en 2012 ont permis notamment de réduire les incertitudes sur les prévisions de productible des centrales photovoltaïques afin d'améliorer la précision des *business plans* des futures centrales ;
- d'améliorer la performance opérationnelle ; la R&D a par exemple développé un outil de pronostic de la durée de vie résiduelle d'une pièce critique des éoliennes, le multiplicateur. Cet outil de pronostic permet d'optimiser les opérations de maintenance (programmation des périodes de maintenance en période non ventée) ;
- de maîtriser l'impact technico-économique sur le système électrique, et d'assurer l'équilibre du système électrique tout en intégrant les énergies renouvelables. Les travaux portent sur la définition des modalités d'insertion des énergies renouvelables dans les réseaux électriques. Ceci suppose l'analyse de différentes solutions permettant l'intégration des énergies renouvelables intermittentes et l'évaluation des contraintes et des coûts de leur intégration dans les grands systèmes : *stockage, super grids, smart grids, pilotage de la demande, etc.*

La troisième priorité est celle du captage, du stockage du carbone et de la limitation des émissions de CO<sub>2</sub> des centrales thermiques. La question du coût, de l'impact sur le rendement de l'installation et des échéances de mise en œuvre de tels procédés est majeure.

Pour les centrales existantes, le captage du CO<sub>2</sub> par traitement des fumées semble aujourd'hui la solution la plus adaptée. Avec le soutien de l'ADEME et de ses partenaires, EDF construit un démonstrateur de recherche de captage de CO<sub>2</sub> sur la centrale de production d'électricité au charbon EDF du Havre. La technologie, testée sur le CO<sub>2</sub> présent dans les fumées issues de la combustion du charbon, est celle du « captage postcombustion aux amines ». Ce démonstrateur de recherche a pour objectif de vérifier les performances de cette technologie en milieu industriel et d'analyser sa flexibilité en exploitation. Ce démonstrateur constitue une étape indispensable pour le développement de solutions industrielles plus performantes. La R&D d'EDF instruit également de nouvelles pistes pour préparer l'émergence d'une seconde génération de technologies de captage et stockage du CO<sub>2</sub>, à plus faible pénalité énergétique (voir section 6.2.1.1.5 (« Production thermique à flamme »)).

## 11.2.2 Favoriser une demande énergétique flexible et faiblement émettrice de carbone

Le développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables réparties, les évolutions réglementaires et technologiques ainsi que l'ouverture de la concurrence donnent aux clients la possibilité d'être acteurs de leur consommation ou de leur production d'énergie. Pour répondre à ces attentes, EDF :

- propose des solutions énergétiques efficaces dans le nouveau cadre réglementaire ;
- modernise sa relation client grâce aux nouvelles technologies de l'information ;

1. Les « Investissements d'avenir » sont un emprunt lancé par l'État français pour financer des actions de recherche et d'innovation utiles pour le développement économique de la France.

- développe de nouvelles approches tarifaires incitant à une gestion dynamique de la demande pour répondre aux besoins nouveaux de flexibilité du système électrique (optimisation amont-aval et intermittence des énergies renouvelables) ;
- expérimente les *smart grids* aval compteur et prépare le développement des nouveaux usages, comme le véhicule électrique ou des équipements *smart grid ready* dans les bâtiments ;
- développe une offre de services pour la ville et les territoires durables.

Dans ce contexte, la R&D se positionne sur plusieurs axes prioritaires. D'abord, l'intégration des nouvelles technologies de l'information, aux réseaux notamment, mais aussi dans l'habitat, offre au client la possibilité d'être encore plus acteur du système et lui permet ainsi de gérer ses flux d'énergie localement. Ainsi, le premier axe est d'améliorer la connaissance des clients et de leurs demandes de manière à innover dans les modes et outils de la relation client ainsi que dans les offres de fourniture. Ces travaux sont notamment conduits au travers de démonstrateurs *smart grid*, dans lesquels la R&D examine de nouveaux modèles autour de l'agrégation de différents types de demande flexible (effacement, déplacement de consommation, autoconsommation, énergies renouvelables, planification et gestion énergétique à des mailles locales). Afin de permettre aux clients résidentiels de connaître l'état d'avancement de leur consommation électrique entre deux factures, EDF a conçu et développé un module pour smartphone et ordinateur qui permet au client d'estimer sa facture en prenant en compte ses caractéristiques ainsi que la saisonnalité de sa consommation électrique et son historique de consommation.

Développer une demande bas carbone implique également de concevoir et valider des solutions énergétiques de référence. Aussi, le second axe concerne l'innovation sur de nouveaux usages pour l'électricité, ceux de la mobilité électrique, de la pompe à chaleur et sur des bâtiments plus économes.

Enfin, dans une optique de développement durable, les villes optimisent à la maille locale les infrastructures et leur gestion (transport, traitement des déchets, bâtiments, production d'énergie, réseaux) et ambitionnent de devenir des *smart cities* ou « villes durables ». Ainsi, EDF s'investit dans un partenariat avec la ville de Singapour pour développer un projet d'aide à la décision pour la planification des villes. Ce projet repose sur la modélisation de systèmes complexes prenant en compte les interactions entre les différents systèmes urbains et permettant d'optimiser les choix stratégiques, par exemple sur le recours à l'énergie solaire sur les toits des bâtiments, sur l'analyse des collectes de déchets, ou bien encore sur l'optimisation de la demande en énergie des bâtiments. Ces modélisations sont couplées à des outils innovants de visualisation en trois dimensions au niveau des bâtiments et du quartier, des impacts des choix de planification, par exemple sur les émissions de gaz à effet de serre. L'expérience de Singapour doit servir de vitrine au projet.

La mobilité électrique est une dimension importante de la ville durable : le transport électrique constitue une perspective de transformation profonde des modes de transport. Le stockage sur batterie est la technologie clé du transport électrique. L'action de la R&D en la matière consiste, d'une part, à caractériser en laboratoire les performances et la sécurité des batteries et, d'autre part, à innover sur les technologies de rupture susceptibles d'améliorer fortement leur autonomie ou la réduction de leurs coûts. La R&D considère également les applications stationnaires de ces technologies de batterie (couplage aux énergies renouvelables, services système, etc.).

L'autre thème essentiel de la mobilité électrique est la question des infrastructures et des stratégies de recharge adaptées à ce nouveau mode de consommation. La R&D développe des stratégies de charge et teste leurs validités sur le terrain. La R&D participe ainsi à l'opération de démonstration KLEBER à Strasbourg (85 véhicules hybrides rechargeables, 130 bornes de charge situées à domicile, en parking, en voirie, etc.) et s'apprête à participer à d'autres projets démonstrateurs en France. Des études permettant d'intégrer la mobilité aux schémas de cohérence territoriaux et aux plans locaux d'urbanisme sont également menées en France (Nice, Mulhouse) et en Allemagne (Karlsruhe).

### 11.2.3 Adapter le système électrique à ces nouveaux enjeux

La transition vers une économie énergétique décarbonée en Europe implique de relever de nouveaux défis : comment gérer au mieux l'intermittence des sources de production issue d'énergies renouvelables, comment intégrer de nouveaux usages de l'électricité en optimisant les moyens de production et les besoins en réseaux, comment développer des systèmes de gestion de l'énergie à la maille locale et à plus grande échelle, jusqu'où développer les infrastructures réseaux et comment optimiser des flux d'électricité en Europe ; plus globalement, comment optimiser, dans le respect de l'intérêt général et de la compétitivité de l'électricité, l'équilibre économique du système électrique (investissements de production, investissements sur les réseaux et coûts et bénéfices des solutions de l'efficacité énergétique et environnementale), sans hausse significative ni des factures ni de la complexité pour le client et ce, tout en maintenant la qualité et la fiabilité du système électrique.

L'évolution vers des systèmes électriques plus intelligents, ou *smart grids*, constitue l'un des pivots de la transition vers une économie énergétique décarbonée en Europe. Les enjeux majeurs sont techniques, économiques et réglementaires et sont, au-delà de l'intégration des énergies renouvelables et des nouveaux usages, aussi liés à la gestion des informations pour les différents utilisateurs du réseau et à la nécessité de maîtriser les dépenses.

Pour répondre à ces enjeux, la R&D s'est fixé plusieurs priorités. En premier lieu, pour anticiper l'arrivée de nouvelles technologies et l'évolution du paysage énergétique, elle établit des *scenarii* prospectifs, modélise et optimise l'économie de l'énergie (environnement macroéconomique mondial et politiques énergétiques, environnement concurrentiel et réglementaire). Pour anticiper les conséquences du développement des nouveaux moyens de production ou nouveaux usages, elle développe des modèles du système énergétique qui permettent notamment de mieux piloter l'équilibre entre offre et demande. Pour évaluer de manière objective les coûts et les bénéfices des différentes options, elle met en œuvre et propose des méthodes d'analyse harmonisées aux différentes parties prenantes.

La seconde priorité est d'aider à l'insertion de la production intermittente décentralisée en apportant des solutions innovantes pour résoudre les problèmes d'exploitation (tenue de la tension, etc.) et de raccordement. La R&D d'EDF participe ainsi au développement de nouvelles fonctionnalités dans la conduite et l'exploitation du réseau et de nouvelles solutions dans l'environnement de nouveaux compteurs communicants, comme le projet Linky d'ERDF. La R&D a par exemple développé et expérimenté une nouvelle fonctionnalité de pilotage du réseau de distribution en présence de production décentralisée. Ce mode de pilotage innovant permet, à partir d'une estimation de l'état du réseau, de maintenir la tension sur le réseau HTA dans sa plage contractuelle même en présence de moyens de production décentralisés.

La R&D expérimente également des systèmes de pilotage des usages électriques basés sur l'infrastructure Linky. Ces expérimentations permettent notamment de montrer la faisabilité de l'effacement de charges, comme le chauffage électrique, pour réduire les pointes de consommation.

Elle met au point de nouveaux modèles et méthodes d'échanges d'informations, fondés sur des standards internationaux. Un succès majeur a été obtenu dans le domaine des *smart grids*. La spécification du protocole de communication par courant porteur en ligne (« CPL G3 ») développée par la R&D d'EDF pour ERDF a en effet été approuvée comme standard international en 2011 par l'ITU, l'agence des Nations unies dédiée aux technologies de l'information et de la communication. Cette reconnaissance constitue une étape très importante pour le déploiement des compteurs intelligents. Le CPL G3 ouvre en effet la voie au développement d'un ensemble cohérent de standards ouverts pour les infrastructures de comptage intelligent et pour de nombreuses applications *smart grids*. Après avoir été testée en laboratoire, la technologie CPL G3 est maintenant entrée dans sa phase de terrain et près de 2 000 compteurs Linky intégrant le G3 sont en cours de déploiement à Lyon et à Tours.

L'amélioration de la gestion des actifs de réseau (vieillesse, automatisation, solutions de comptage) est la troisième priorité. Ces travaux mettent en œuvre des essais en laboratoire de la modélisation du vieillissement des matériels. La R&D travaille aussi à l'augmentation de l'automatisation des réseaux pour en optimiser qualité et coûts.

Enfin, les travaux portent sur les systèmes électriques et les *super grids*. L'insertion des énergies renouvelables peut profondément modifier les fondamentaux technico-économiques et faire émerger de grands réseaux à courant continu en Europe ainsi qu'ailleurs dans le monde.

Afin de préparer les solutions à ces nouveaux défis, un certain nombre de démonstrateurs électriques intelligents sont en développement en France

et en Europe, dans une démarche coopérative. La R&D y est largement associée (NiceGrid, Smart Electric Lyon, Millener, Premio, Venteea, Une Bretagne d'avance, etc.), avec pour objet d'éclairer les questionnements propres à la transition du système électrique, en tirant des enseignements techniques, économiques, mais également sociétaux, environnementaux, ainsi qu'autour des modèles d'affaires et de la régulation. Ces projets sont aussi l'occasion de réfléchir et d'innover avec les filières électriques et des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) pour mieux adapter les équipements aux besoins de flexibilité du système électrique de demain. C'est ainsi que de nombreuses expérimentations explorent tous les potentiels du comptage communicant, première brique des systèmes électriques intelligents.

## 11.3 L'international et les partenariats

Pour la réalisation de ses programmes de recherche et de développement, la R&D d'EDF noue de nombreux partenariats dans le monde avec pour objectifs de maintenir son expertise au meilleur niveau mondial pour les disciplines au cœur des enjeux d'EDF et de compléter ses champs de compétences internes. La politique partenariale de la R&D se concrétise sous diverses formes aux niveaux tant national qu'international.

En France, la R&D a mis en place depuis plusieurs années 12 laboratoires communs avec des partenaires académiques et des centres techniques ou industriels et participe notamment avec eux à des projets de recherche collaborative financés par les agences nationales comme l'Agence nationale de la recherche, l'ADEME ou le Fonds unique interministériel *via* les pôles de compétitivité. Chaque laboratoire commun est l'occasion de créer une équipe mixte autour d'une problématique scientifique et technique partagée, dans le but de créer de la valeur, de l'expertise et de la connaissance pour tous les partenaires, et constitue un atout pour participer à des projets coopératifs. La R&D soutient également quatre chaires d'enseignement et de recherche ciblées, notamment dans le cadre de la Fondation pour les énergies de demain.

La R&D a également présenté des candidatures aux projets d'instituts d'excellence dans les énergies décarbonées (« IEED ») dans le cadre des Investissements d'avenir. En mars 2012, le gouvernement français a annoncé les lauréats de cet appel à projets. EDF est impliqué dans quatre de ces projets :

- L'Institut photovoltaïque Île-de-France (« IPVF ») : cet institut, dont EDF est un des membres fondateurs, vise les ruptures technologiques pour une énergie photovoltaïque compétitive dans le marché. L'institut regroupera à terme 180 chercheurs issus des différents partenaires autour d'équipements de pointe qui seront localisés à Saclay ;
- France Énergies marines, sur les énergies de la mer et l'éolien en mer ;
- SuperGrid sur le thème des grands réseaux de transports pour raccorder les sites de production en énergies renouvelables éloignés ; et
- Vedecom sur la mobilité électrique.

On peut citer, également, l'implication d'EDF dans deux projets non retenus en tant qu'IEED mais pour lesquels une enveloppe budgétaire a été réservée compte tenu du caractère stratégique de l'activité. Il s'agit de PS2E, dans le domaine de l'efficacité énergétique des procédés industriels, et d'Efficity, dans le domaine de l'efficacité énergétique dans les villes.

EDF est également à l'initiative du lancement en 2012 du projet Connexion sur les systèmes futurs de contrôle commande nucléaire numérique, dans le cadre des Investissements d'avenir (voir section 11.2.1 (« Consolider et développer un bouquet énergétique décarboné »)). En Europe, la R&D participe à une trentaine de projets européens et a établi des liens avec le *Joint Research Center*, centre de recherche dans le domaine de l'énergie et des transports au service de l'Union européenne, avec pour objectif d'engager des collaborations dans le domaine des technologies bas carbone et en particulier dans le domaine du stockage électrique. Grâce aux collaborations avec l'*Energy Technology Institute*, l'*Engineering and Physical Sciences Research Council* et différentes universités britanniques, elle renforce sa présence dans la recherche partenariale britannique.

Depuis 2010, trois unités de R&D ont été créées, l'une en Pologne, l'autre au Royaume-Uni et la dernière en Chine.

Le centre britannique consolide les positions du Groupe dans l'écosystème de la recherche britannique. Il est particulièrement impliqué sur les énergies éoliennes en mer et le nucléaire au Royaume-Uni. En 2012, ce centre de recherche a été transformé en entité juridique indépendante : EDF Energy R&D UK Centre Ltd. Cette filiale est rattachée à EDF Energy. Ce nouveau statut permet d'accroître la visibilité d'EDF et la capacité de recherche en Grande-Bretagne, en lien avec la stratégie de développement du Groupe.

L'équipe de recherche au sein d'EDF Polska est dédiée aux questions du thermique charbon et de la co-combustion biomasse. Le centre R&D de Cracovie mène par exemple des tests en laboratoire de différents types de mélange biomasse et charbon pour définir le ratio optimum biomasse/charbon en termes de qualité, sécurité, faisabilité du *process* et performance.

Le centre basé à Pékin est un atout pour participer aux démonstrateurs chinois de grande taille portant sur les réseaux intelligents, les villes durables, et certaines technologies d'énergies renouvelables. Ce centre est aussi un appui pour faciliter la mise en œuvre du partenariat sur le nucléaire en Chine. La création du centre s'accompagne d'un développement accentué des partenariats académiques et industriels en Chine. EDF a par exemple signé un programme de recherche commun en Chine sur le solaire thermodynamique. La coopération engagée avec l'*Institute of Electrical Engineering* de l'Académie des sciences chinoise porte essentiellement sur des travaux de recherche et d'innovation effectués sur une plateforme d'expérimentation dédiée aux technologies solaires thermodynamiques située à Badaling. Un des enjeux pour EDF est de faire évoluer ses moyens de modélisation en utilisant les mesures réalisées lors des expérimentations réalisées sur cette plateforme.

Aux États-Unis, le secteur R&D et innovation est l'un des plus importants et dynamiques au monde. Ce secteur compte environ 1,3 million de chercheurs. EDF dispose depuis plusieurs années d'une équipe de R&D et Innovation installée dans les locaux de l'*Electric Power Research Institute* (« EPRI<sup>1</sup> »). Ses objectifs sont d'optimiser la collaboration entre EDF et l'EPRI dans de multiples domaines tels que l'énergie nucléaire, les énergies renouvelables, les réseaux intelligents, l'efficacité énergétique et le captage et le stockage du carbone, de mettre en place des collaborations entre le groupe EDF et des organismes de recherche américains (universités, laboratoires nationaux, industrie, etc.)

sélectionnés pour leur savoir-faire ou leurs équipements, et enfin d'évaluer les opportunités de nouveaux modèles d'activité pour EDF aux États-Unis. Par ailleurs, afin de préparer l'avenir, la R&D participe à deux *Knowledge and Innovation Communities* (« KIC<sup>2</sup> »). Les domaines de prédilection de la première, dite « KIC Climat », sont le changement climatique, les villes intelligentes, le management de l'eau et une production zéro carbone. Ceux de la seconde, dite « KIC InnoEnergy », portent sur les réseaux intelligents et le stockage, les biocarburants, les énergies renouvelables, le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> et le nucléaire.

## 11.4 Politique de propriété intellectuelle

La propriété industrielle joue un rôle majeur dans la protection des technologies et des savoir-faire du groupe EDF face à la concurrence, ainsi que dans la valorisation de ce patrimoine au travers de concessions de licences.

EDF a la volonté de renforcer son portefeuille de propriété industrielle dans le but de mieux tirer parti de ses capacités d'innovation et de son expertise technologique. Ce portefeuille est constitué par des brevets ainsi que par des logiciels déposés et des savoir-faire formalisés.

### Brevets

Fin 2012, le portefeuille d'EDF comprend 483 innovations brevetées et protégées par 1 531 titres de propriété en France et à l'étranger.

Le renforcement du portefeuille de brevets est prioritaire. Il a pour but de faciliter les coopérations de R&D, d'apporter une protection au développement des activités d'EDF, de contribuer à l'image externe d'EDF, de renforcer la motivation des chercheurs et de mieux valoriser les inventions.

En 2012, EDF a déposé 53 demandes de brevets, contre 50 en 2011.

### Marques

« EDF » est une marque déposée dans plus de 80 pays. Le nom du Groupe est un élément essentiel de son image et de son patrimoine : aussi cette marque, les noms de domaines internet et les logos EDF font-ils l'objet d'une surveillance constante, afin de les protéger contre toute utilisation frauduleuse risquant de porter atteinte à l'image du Groupe. Par ailleurs, à l'issue des travaux de valorisation de la marque « EDF », la Société a mis en place des contrats de licence de marque avec les filiales utilisant la marque « EDF ».

Le Groupe a également déposé de nombreuses autres marques, en particulier celles liées à l'activité de ses différentes filiales.

Le portefeuille de marques du groupe EDF à fin 2012 compte environ 400 dénominations, protégées par près de 1 300 titres.

1. L'*Electric Power Research Institute* est l'un des principaux acteurs de la R&D dans le domaine de l'électricité aux États-Unis. Cet organisme à but non lucratif fournit des technologies et des analyses économiques et développe des stratégies pour ses membres contributeurs, lesquels représentent plus de 90 % de l'électricité produite aux États-Unis.

2. Les KIC sont des initiatives européennes visant à mettre en place des formations universitaires européennes et des projets de recherche/innovation répondant aux besoins du marché tant en compétences qu'en innovation via le dépôt de brevets et la création de start-ups.