

# 11 ● ●

## RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT, BREVETS ET LICENCES

<b>11.1</b>	<b>Organisation de la R&amp;D et chiffres-clés .....</b>	<b>210</b>
<b>11.2</b>	<b>Les priorités de la R&amp;D .....</b>	<b>211</b>
11.2.1	Consolider et développer un mix énergétique décarboné	211
11.2.2	Favoriser une demande énergétique flexible et bas carbone	212
11.2.3	Adapter le système électrique à ces nouveaux enjeux	212
<b>11.3</b>	<b>L'international et les partenariats .....</b>	<b>213</b>
<b>11.4</b>	<b>Politique de propriété intellectuelle .....</b>	<b>213</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. Les ressources fossiles s'épuisent, les réchauffements climatiques impliquent 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 déplace les zones de consommation. Le développement important des technologies de l'information dans le milieu de l'énergie donne de nouvelles opportunités au métier d'électricien. Les clients, consommateurs, deviennent aussi producteurs. Ils souhaitent mieux consommer, vivre dans des bâtiments, des quartiers ou des villes 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.

Afin de tenir l'engagement de 3x20<sup>1</sup> à 2020, l'Union européenne a défini 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 publics-privés auxquels EDF participe activement, permettant de partager les risques.

Aux Etats-Unis un nombre important d'Etats affiche des objectifs d'énergies renouvelables de mêmes ordres de grandeurs que ceux envisagés en Europe<sup>2</sup>. En Chine, le développement de moyens de production est en très forte croissance sur l'ensemble du mix, mais à horizon 2020 le charbon dominera encore le mix énergétique.

Les enjeux scientifiques et technologiques à venir ont une dimension mondiale mais pour certains d'entre eux, comme pour la capture et le stockage du carbone, la dimension géographique est très importante.

## 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 2010, le montant global du budget de recherche et développement d'EDF s'est élevé à 486 millions d'euros. C'est l'un des budgets de R&D les plus élevés parmi les grands électriciens. De l'ordre de 70 % du budget est alloué 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.

Près de 19 % de ce budget ont été consacrés à la protection de l'environnement. Ces dépenses portent notamment sur de la recherche sur l'efficacité énergétique, les usages de l'électricité en substitution à des énergies fossiles, les énergies renouvelables, 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, plus de 370 docteurs et près de 200 doctorants. 200 chercheurs enseignent dans les universités et les grandes écoles. Elle embauche chaque année une centaine de personnes. La Direction R&D est composée de 15 départements. Ses compétences couvrent l'ensemble des champs d'activité du Groupe. 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.

Le Conseil d'administration d'EDF a approuvé en novembre 2010 le projet d'implanter le centre principal de R&D d'EDF sur le Campus de Paris-Saclay. Ce centre est destiné à accueillir jusqu'à 1 500 personnes, incluant des chercheurs du Groupe et des étudiants en thèse. Au travers de cette décision, EDF donne 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.

La R&D est à ce jour organisée autour de six sites en Europe : trois sont situés en région parisienne, un en Allemagne, un au Royaume Uni et un en Pologne.

Les centres de Chatou et des Renardières, près de Fontainebleau, comptent chacun 500 personnes environ. Le centre de Clamart est plus grand avec près de 1 000 personnes. Ces sites 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 Insitute* et l'*European Center Laboratories for Energy Efficiency Research*.

En Allemagne, l'*European Institute for Energy Research* (ElFER), institut commun créé en 2002 entre EDF et l'Université de Karlsruhe, rassemble plus d'une centaine de personnes. En 2010 deux nouvelles unités de R&D ont été créées : une équipe commune avec EDF Polska installée à Cracovie en Pologne et un centre commun avec EDF Energy à Londres.

Aux Etats-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 et le *Department of Energy* s'est vu allouer un budget en forte croissance (36,7 milliards de dollars américains en 2009 contre 5,8 milliards en 2007). En ce qui concerne l'électricité, l'*Electric Power Research Institute* (EPRI) est l'un des partenaires clé de R&D. Il fournit technologies et analyses économiques et stratégiques à ses membres qui représentent plus de 90 % de l'électricité produite aux Etats-Unis et rassemblent environ 40 pays. Depuis plusieurs années, une équipe de chercheurs de la R&D est détachée aux Etats-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>. L'équipe développe

1. 20 % de réduction des gaz à effet de serre, 20 % d'augmentation de l'efficacité énergétique et 20 % d'énergie renouvelables d'ici 2020.

2. Source EPRI, <http://mydocs.epri.com/docs/SummerSeminar09/Specker09SumSem.pdf> et [www.dsireusa.org](http://www.dsireusa.org)

également des partenariats avec des partenaires académiques ou industriels sélectionnés pour leur expertise.

Pour la réalisation de ses travaux, EDF s'est doté de 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 a fait en 2010 l'acquisition d'un nouveau supercalculateur comportant l'équivalent de 16 000 processeurs. Ce supercalculateur scientifique permet de représenter numériquement, avec une précision inégalée, les phénomènes et les systèmes qui sont au cœur des métiers d'EDF : évolution des aciers ou des matériaux, étude poussée des écoulements

turbulents, systèmes de gestion de dizaines de millions de compteurs intelligents... La puissance de calcul de cet équipement ainsi que sa capacité à traiter de grandes quantités de données placent EDF au tout premier rang mondial des grands industriels dans ce domaine.

Le Groupe possède par ailleurs des moyens expérimentaux uniques comme des boucles analytiques spécifiques (chimie-corrosion, rupture, aéroacoustique...), 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.

## 11.2 ●● Les priorités de la R&D

La R&D renforce sa capacité à 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 réduire des freins à l'industrialisation (une équipe dédiée sélectionne des projets, organise et anime leur industrialisation, protège et valorise la propriété intellectuelle et/ou le potentiel d'expertise) d'une part, et développer une ouverture sur l'innovation externe, analyser, sélectionner et le cas échéant mettre en démonstration des innovations externes et construire des réseaux de relais dans les métiers d'autre part.

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'affaire 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 mix énergétique décarboné ;
- favoriser une demande énergétique flexible et bas carbone ;
- adapter le système électrique à ces nouveaux enjeux.

### 11.2.1 Consolider et développer un mix 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 les performances d'exploitation et optimiser la durée de fonctionnement des moyens de production en toute sûreté. Elle anticipe et se prépare à des exigences environnementales plus sévères.

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 d'une part à augmenter la durée de vie des centrales existantes et d'autre part à la conception de nouvelles centrales, en particulier celles de génération 4. Le vieillissement des installations de production, la montée

en puissance des contraintes environnementales et les exigences renforcées de performances dans un contexte compétitif imposent à EDF de disposer de nouvelles classes d'outils pour dégager des marges sur ses installations industrielles et se préparer aux grandes mutations qui impliquent souvent un rôle accru des technologies de l'information. Pour faire face à ces enjeux, EDF développe, en complément à des moyens d'essai expérimentaux, les performances de la simulation numérique, prépare les outils capables de gérer les nouveaux challenges posés par la croissance des masses de données numériques, la sécurité informatique et les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

La deuxième priorité est celle du 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. Ainsi pour appuyer le développement opérationnel du Groupe, la R&D acquiert les compétences technologiques permettant de saisir des opportunités.

La R&D travaille en outre à définir les modalités d'insertion des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Ceci suppose l'analyse de différentes solutions, notamment de stockage, permettant l'intégration des énergies renouvelables intermittentes et l'évaluation des contraintes et des coûts de leur intégration dans les grands systèmes.

La troisième priorité est celle du captage et du stockage du carbone. Pour limiter l'impact sur l'environnement des centrales thermiques, le captage du CO<sub>2</sub> par traitement des fumées est adapté à la rénovation des centrales existantes. 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, qui sera testée sur le CO<sub>2</sub> présent dans les fumées issues de la combustion du charbon, est celle du « captage post-combustion aux amines ». Ce démonstrateur de recherche aura pour objectif de réduire la consommation d'énergie de l'installation et il permettra 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 performantes pour le captage et le stockage du CO<sub>2</sub>.

### 11.2.2 Favoriser une demande énergétique flexible et bas 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 développe une nouvelle approche tarifaire incitant à une gestion dynamique de la demande, propose des solutions énergétiques efficaces dans le nouveau cadre réglementaire, modernise sa relation client grâce aux nouvelles technologies de l'information, expérimente les « *smart grids* » et prépare le développement des nouveaux usages et des « *smart cities* ».

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, rend le client acteur du système et lui permet de gérer ses flux d'énergie localement. Ainsi, le premier axe est d'améliorer la connaissance des clients et de leurs demandes de sorte à innover dans les modes et outils de la relation client ainsi que dans les offres de fourniture et permettre aux clients du groupe EDF d'être acteurs énergétiques.

Ceci demande aussi 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 maille locale les infrastructures et leur gestion (transport, traitement des déchets, bâtiments, production d'énergie, réseaux) et deviennent ainsi des « *smart cities* ». Elles ont besoin d'innovations notamment pour accompagner la mobilité électrique. La R&D s'investit dans plusieurs expérimentations de ce type en Europe. Le transport électrique constitue une perspective de transformation profonde des modes de transport. En complément des travaux sur les performances et la sécurité des batteries électriques, la R&D étudie des infrastructures et des stratégies de recharge adaptées à ce nouveau mode de consommation, ainsi que leurs validités sur le terrain. La R&D participe à l'opération de démonstration KLEBER à Strasbourg (85 véhicules hybrides rechargeables, 130 bornes de charge situées à domicile, en parking, en voirie...) tant sur des essais de validation des infrastructures de charge que sur des études d'usages livrant des enseignements techniques et sociétaux (exigences fonctionnelles vis à vis du véhicule ou des infrastructures mais aussi organisationnelles). 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). D'autres travaux portent sur l'influence de la morphologie urbaine (morphologie, localisation des bâtiments, ensoleillement spécifique...) sur la demande énergétique. Dans ce cadre, en partenariat avec la *London School of Economics* (LSE), quatre villes sont étudiées (Londres, Paris, Berlin, Istanbul) avec plusieurs typologies urbaines et de nombreux échantillons par typologie.

### 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 productions 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 ?

L'évolution vers des réseaux électriques plus intelligents, dits « *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 scénarios prospectifs, modélise et optimise l'économie de l'énergie (environnement macro-économique 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 offre-demande.

La seconde priorité est d'insérer la production intermittente décentralisée en apportant des solutions innovantes pour résoudre les problèmes d'exploitation (tenue de la tension, etc.) et de raccordement.

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 mais aussi ailleurs dans le monde.

Les innovations technologiques impactent les métiers du commerce, des réseaux et de la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. Elles conduisent à des modifications profondes des systèmes électriques et énergétiques locaux. Elles ont également un impact sur les fondamentaux technico-économiques du système électrique européen. Ainsi, les trois thématiques, (*smart grids*, *smart cities* et *super grids*), sont transverses et nécessitent une cohérence système dans les orientations de recherche des métiers et des interactions entre métiers. Dans ce contexte il est important pour la R&D de développer plus encore sa capacité à maîtriser des systèmes complexes en renforçant ses compétences intégratrices sur des sujets aux croisements de différents métiers et en accompagnement de la stratégie.

## 11.3 ●● L'international et les partenariats

Pour la réalisation de ses programmes de recherche et de développement, EDF noue de nombreux partenariats dans le monde. Ils ont 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 tant au niveau 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. La dynamique de création de partenariats, en voie de stabilisation en France, doit encore se poursuivre en Europe et aux États-Unis pour accompagner le développement international du groupe EDF.

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 reconnaissance de ces laboratoires dans la communauté scientifique et technique passe aussi par leur évaluation externe assurée par l'Agence (française) d'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (AERES). Tel fût le cas en 2009, à titre d'exemple pour l'Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque, laboratoire commun à EDF, au CNRS et à l'ENSCP.

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.

En Europe, la R&D participe à une trentaine de projets européens. Et, grâce aux collaborations avec l'*Energy Technology Institute*, l'*Engineering and Physical Sciences Research Council* et avec différentes universités britanniques, elle renforce sa présence dans la recherche partenariale britannique.

En 2010, deux unités de R&D ont été créées, l'une en Pologne et l'autre au Royaume Uni. 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 développement du nucléaire au Royaume Uni. L'équipe de recherche au sein d'EDF Polska est dédiée aux questions du thermique charbon et de la co-combustion biomasse. La création d'autres unités de R&D en dehors de la France est à l'étude.

Par ailleurs, afin de préparer l'avenir, la R&D participe à deux *Knowledge and Innovation Communities* (KIC)<sup>1</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 bio-carburants, les énergies renouvelables, la séquestration et le stockage du CO<sub>2</sub> et le nucléaire.

Enfin, en 2010, la R&D s'est impliquée dans la dynamique « Programme des Investissements d'Avenir » initiée par le gouvernement français et a contribué au montage de projets « démonstrateurs *smart grids* » du Groupe.

## 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.

### Brevets

Fin 2010, le portefeuille d'EDF comprend 418 innovations brevetées et protégées par 1 225 titres de propriété en France et à l'étranger.

### Marques

« EDF » est une marque déposée dans plus de soixante 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. En outre, le Groupe a déposé de nombreuses autres marques, en particulier celles liées à l'activité de ses différentes filiales.

1. 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-up.

