

EDF's response to energy transition challenges, a focus on generation

METI, Round Table for Studying Energy Situation towards 2050

January, 31st 2018

EDF, worldwide leader of the energy transition

Operational figures

- ~ **37.1 million** customer accounts worldwide
- **132.3 GW⁽¹⁾** worldwide installed capacity, of which
 - 72.9 GW nuclear
 - 30.0 GW thermal
 - 29.2 GW hydro and other renewable energies
- **583.9 TWh** generated worldwide, of which
 - ~ 78% nuclear
 - ~ 10% hydro and other renewable energies
 - ~ 8% CCGT
 - ~ 4% thermal excluding gas
- ~ **154,845** employees, of which ~ 38,700 in French distribution, ~ 40,800 in French generation and engineering and ~ 13,400 at EDF Energy
- **Framatome** : ~ 14,000 employees

Financials

- Sales: **€ 71.2 bn**
- EBITDA: **€ 16.4 bn**
- Net income excluding non-recurring items: **€ 4.1 bn**
- Net financial debt: **€ 37.4 bn**
- **Ratings⁽²⁾: A- stable (S&P) / A3 stable (Moody's) / A- stable (Fitch)**

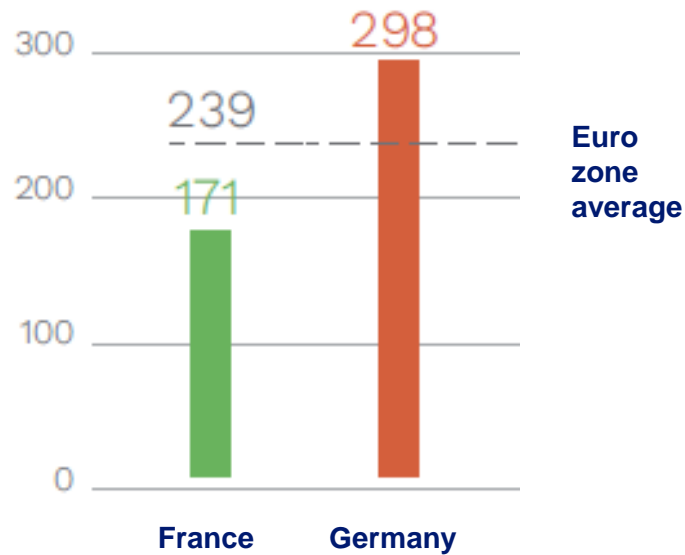
2016 figures (latest published results)

(1) Net consolidated capacities of EDF group
(2) As of 17/05/2016

2016 figures (latest published results)

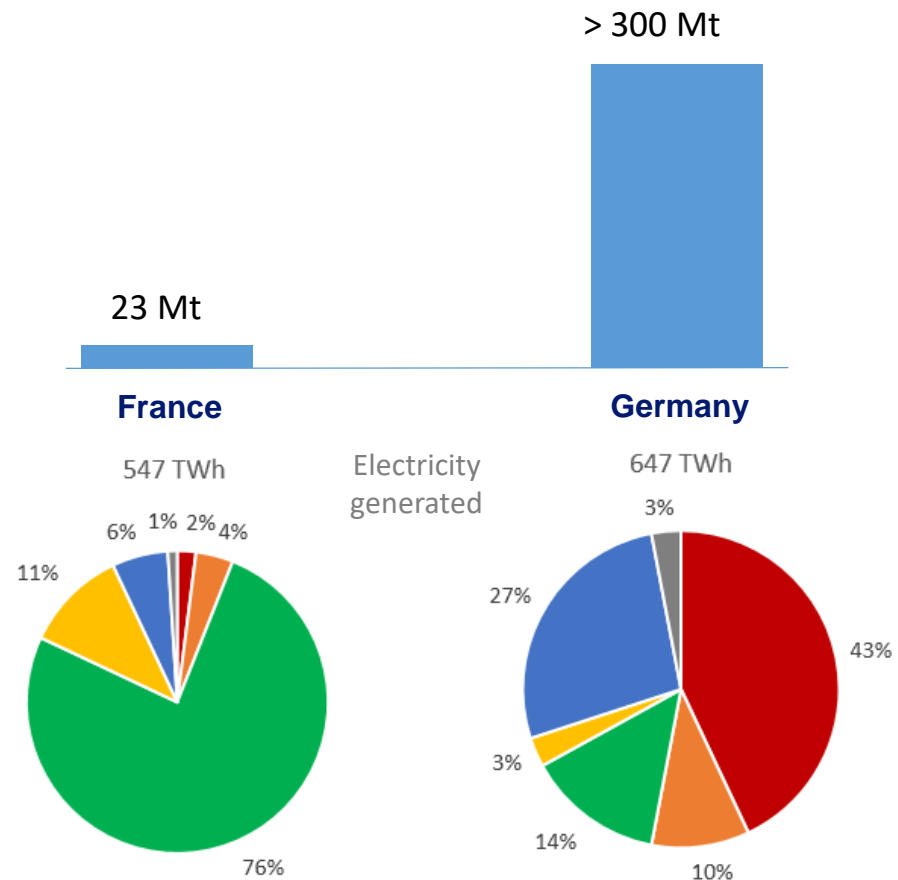
A French mix that confers a benefit in terms of economics and CO2 emissions compared to Germany

Electricity prices for consumers



Power prices (€/MWh) all tax included for residential consumers 2nd semester 2016
DC trench : 2,5 MWh < Consumption < 5 MWh

CO2 emissions from power sector



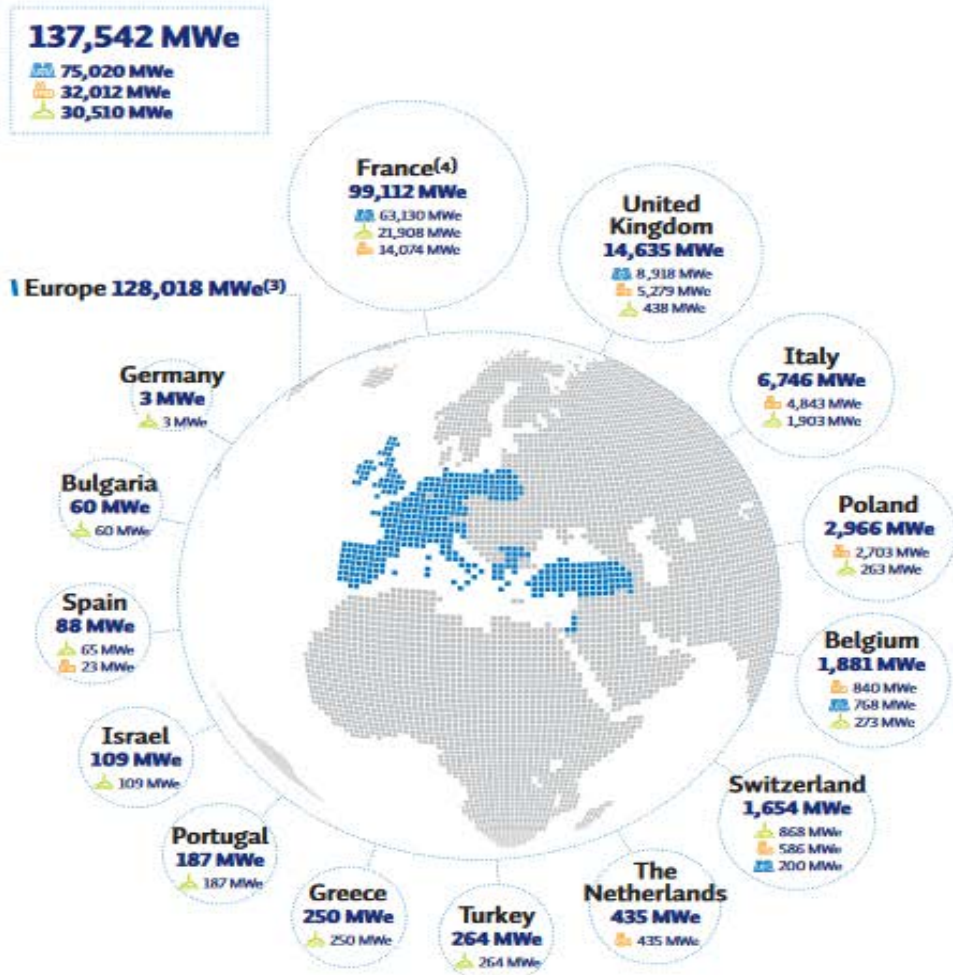
2015 figures

CO2 specific emissions

- Below **20 g / kWh** for EDF in France.
- Below **71 g / kWh** for the group at European level (European average 300g/ kWh)
- At about **77g / kWh** at world level

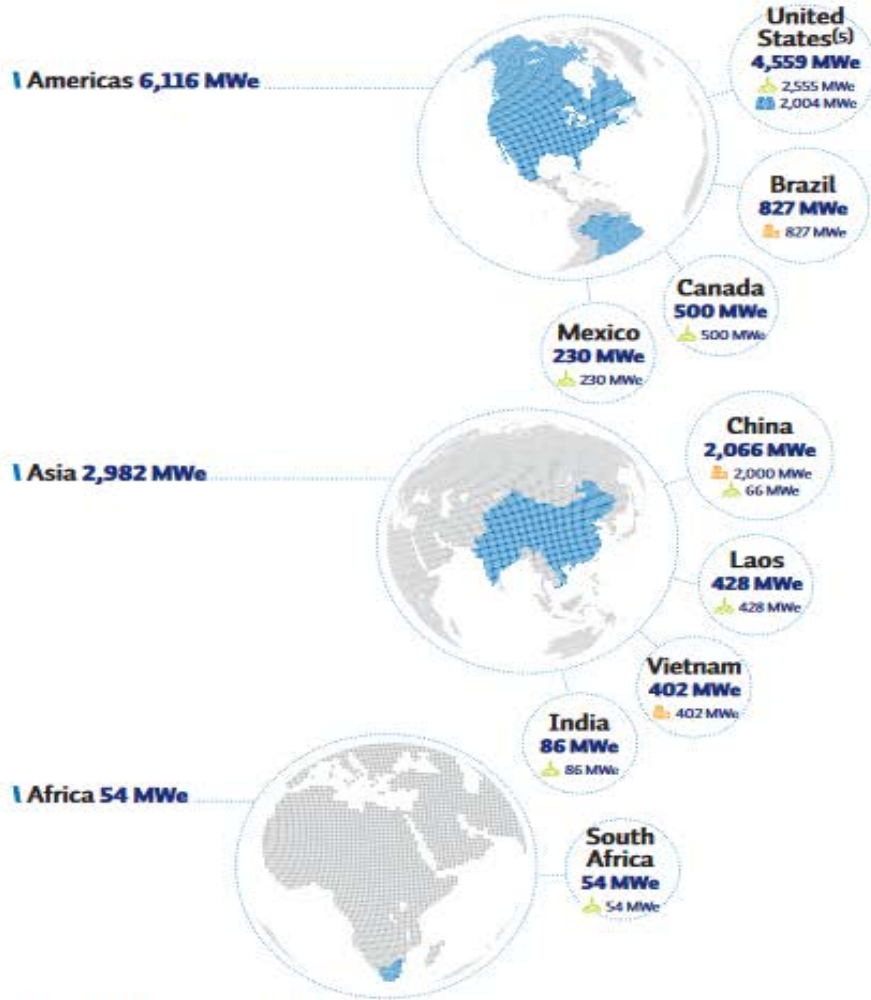
A worldwide footprint

EDF group's net installed capacity by country in 2016



The Group is driving its transformation forward based on an energy mix that combines nuclear and renewable power, with clearly defined objectives for 2020: commissioning of three EPRs⁽¹⁾, investments in existing nuclear facilities, and over €2 billion gross annual investments⁽²⁾ in renewable energy.

Data consolidated according to EDF's percentage ownership in Group companies, including associates and joint ventures.

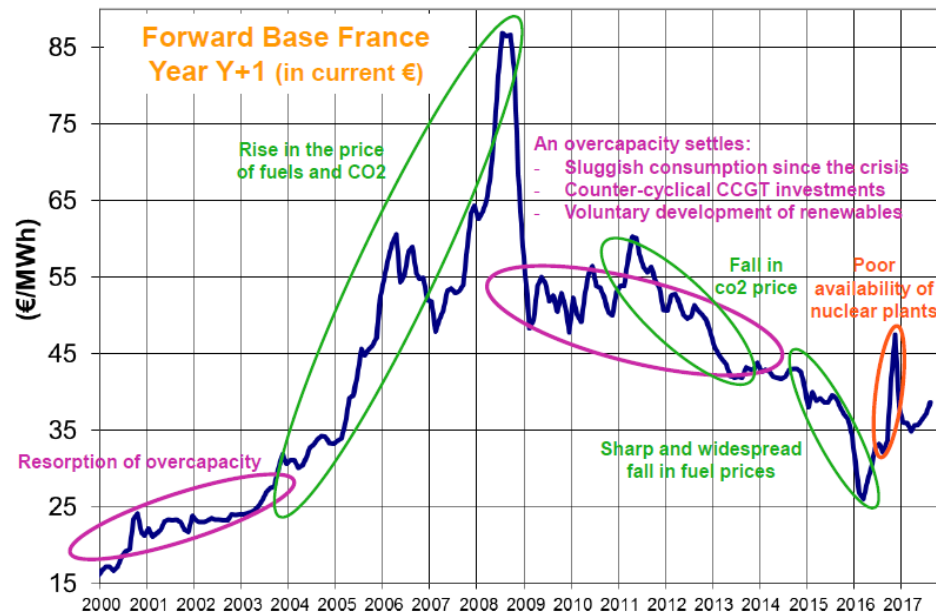


(1) Subject to approval by France's Nuclear Safety Authority (ASN) for Flamanville.
 (2) Over the period 2017-2020.
 (3) Europe excluding Turkey and Israel.
 (4) Including small hydropower plants in France and assets in overseas France.
 (5) Including 20 MW of energy storage capacity and 10 MW of US Energy Storage's storage production capacity.

In France, in a context of competition and low prices, EDF is the major player

Significant price evolutions

Significant price evolutions since 2000 ; key factors : overcapacities, fuel and CO2 prices, nuclear fleet availability, etc.



The French power market

- **GENERATION** EDF responsible for 86% of the total domestic production
- **TRANSMISSION** Transportation and dispatching by RTE (50,1% owned by EDF)
- **DISTRIBUTION** : Distribution by ENEDIS (100% EDF owned) and around 160 local distributors.
- **SUPPLY** : Around 80 supply companies. EDF market share is 77% for final consumers
- **POWER EXCHANGE** : Day-ahead auction, Day-ahead continuous, Intraday Continuous

France is a large exporter of electricity (39,1 TWh in 2016) due to a low cost generation mix
Recent large development of wind and solar power plants,
Increasing role of the sectorial regulator.

In France, new policy priorities concerning energy and particularly electricity

Government / EDF : different responsibilities

- The French **future electricity mix** is the **responsibility of politics**.
- EDF as an **industrial actor contributes to the energy mix implementation** and is a **major contributor in the public service of electricity**.

New government priorities for energy transition

- **Present transition energy law (2015)** : nuclear capacity capped at the present level (63 GW). Start of Flamanville EPR reactor (1,6 GW) to coincide with the closing of Fessenheim NPP (2 x 0,9 GW). Nuclear share in the power mix at 50% around 2025.
- **New government priorities (October 2017)** :
 - Maintain very low carbon emissions, in order to respect its climate goals commitment.
 - No new thermal fossil plants (coal, gas) in the French mix.
 - The 50% nuclear share goal is **postponed** until new balance of the electricity mix is reached through significant **increasing part of renewables**.
 - **Security of supply, economic competitiveness, and financial sustainability** remain paramount criteria.

EDF ready to be a major player in the Energy Transition since its « DNA » combines high level HR skills, technology excellence and knowledge, and a big innovation push.

As the energy sector undergoes profound change, EDF's goal may be defined in terms of 3 strategic issues



The present presentation mainly focuses on issue n°1, regarding the development of competitive, low-carbon generation mix.

R&D and innovation supporting EDF energy transition challenges

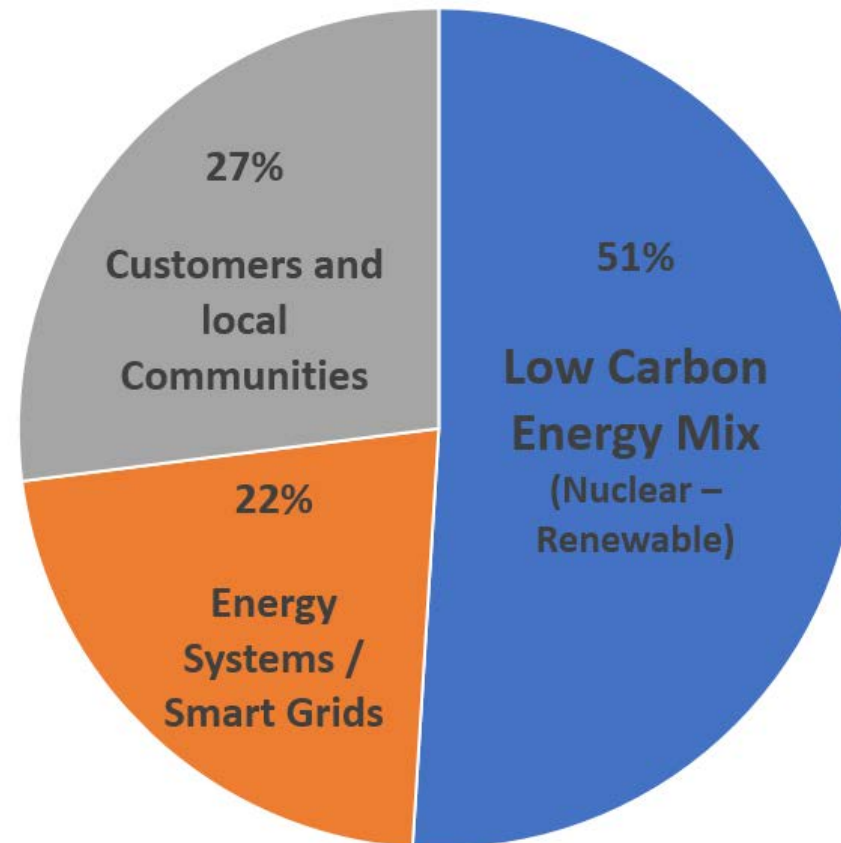


9 centres

In France and abroad: Europe, US, Asia

27 nationalities represented

76 Billions JPY budget in 2016



Strong Partnerships with key Japanese Companies



TOYOTA



TEPCO



MITSUBISHI



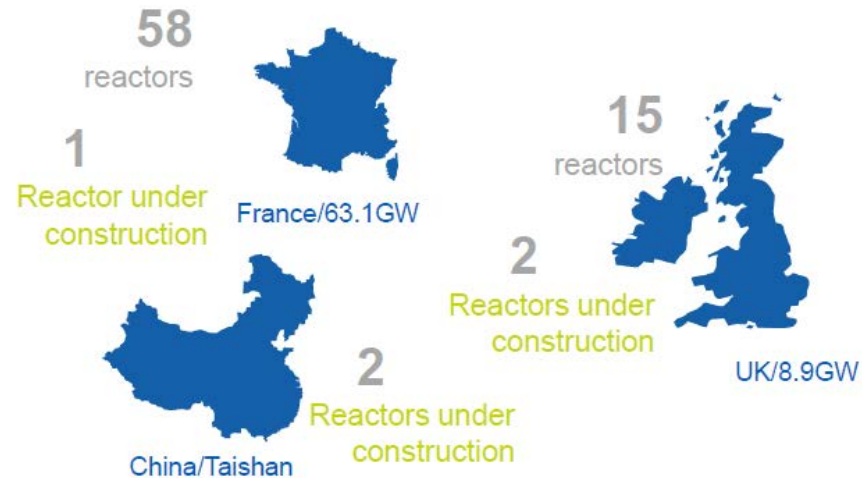
CRIEPI
Central Research Institute of Electric Power Industry



THE KANSAI
ELECTRIC POWER CO., INC.

Worldwide nuclear : 5 reactors under construction, and 73 operating, as the French nuclear sector is restructuring

EDF, the world's leading nuclear operator



EDF, global expertise

Management of the entire lifecycle of nuclear generation facilities : design, operation, decommissioning

- EDF : world leading nuclear operator, a standardized fleet.
- Investing to continue the safe operation of its reactors beyond 40 years.
- Construction of EPR reactors in France, China, Great Britain, and development of an optimized EPR version, of Atmea1 with MHI, and SMR (Small Modular Reactors).
- Active in French and international markets for the decommissioning of plants and radioactive waste treatment.

Restructuring of the French industrial sector under EDF's leadership

- **Framatome** (former Areva NP) is now held by EDF up to 75.5%, alongside Mitsubishi Heavy Industries (19.5%) and the French engineering group Assystem (5%). With nearly 14,000 employees worldwide, Framatome includes all nuclear power plant design activities, supply, and reactor maintenance.
- **Areva NewCo** focus on fuel cycle activities.
- **Edvance**, EDF's new subsidiary, endorses the convergence of EDF and Framatome engineering divisions.

Lifetime extension : continuing operation of the power plants beyond 40 years for a competitive energy mix

The lifetime extension program addresses three major challenges

1. **Renewal and replacement of major components** (eg. Steam Generators) at the end of their technical lifetime. These are exceptional maintenance operations
2. **Integration of safety improvement changes:** 'post Fukushima' improvements, and ten-year inspections.
3. **Demonstration of equipment qualification after 40 years.** Studies and tests that ensure that qualified equipment can operate after 40 years of operation.

EDF is confident on the technical capacity of the French nuclear fleet series to operate for at least 50 years. EDF has already included this life extension in its financial accounts for the 900 MW series.

A €45 billion (JPY 6000 billion) plan over the period 2014 - 2025

International cooperation to promote and increase safety

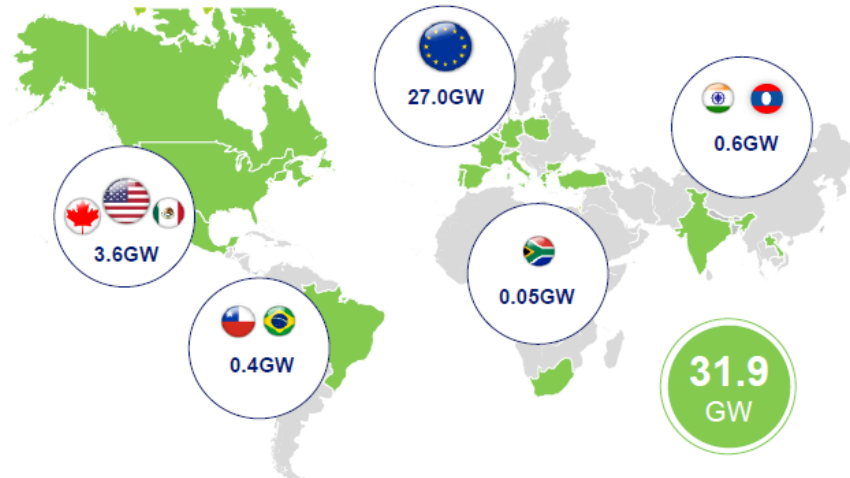
- Increase Safety, Training...
- International Cooperation with WANO, IAEA, INPO, JANSI and nuclear operators



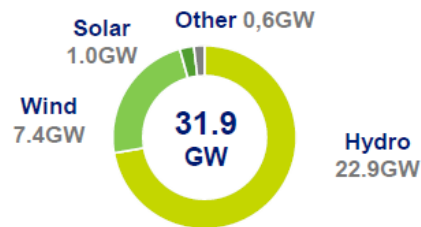
Nuclear power plant in Saint Laurent des Eaux, intervention in the machine room as part of the *Grand Carénage* project in October 2016

EDF's leadership in renewables activities (hydro, wind & solar) : a strong platform for growth

Global presence in 22 countries



Capacity by Technology



BALANCED CAPACITY MIX WITH 30.5GW IN OPERATION

- Capacities in operation: 22.7GW of hydropower and 7.8GW of other renewable energies
- 1.4GW under construction

HYDROPOWER: "DNA" OF EDF

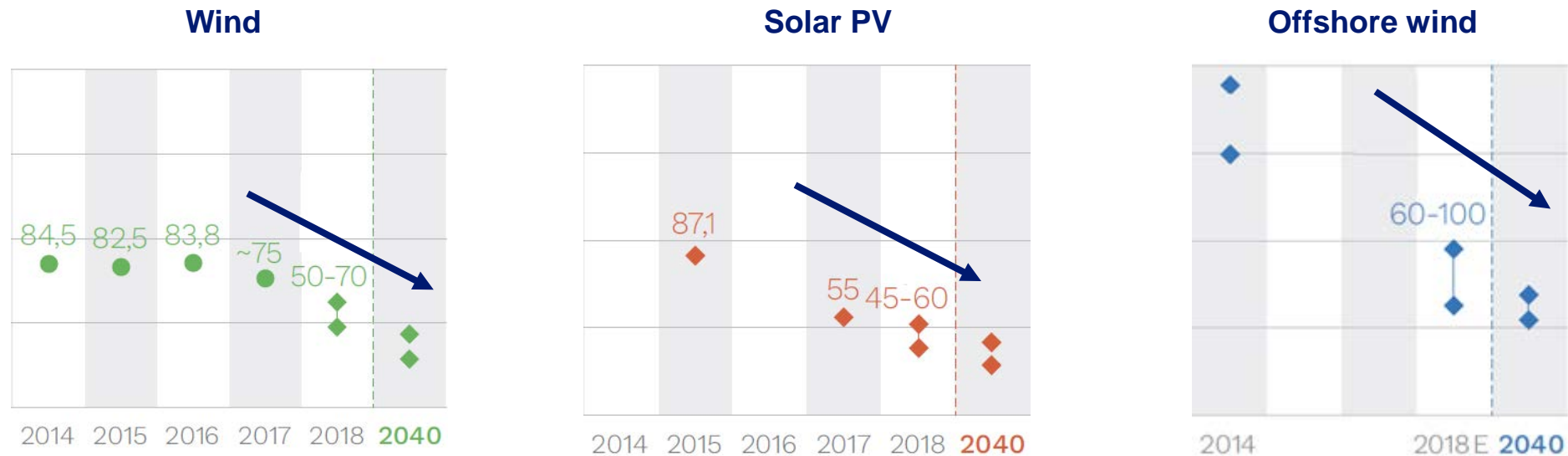
- Leader in Europe with a growing development pipeline

SELECTIVE GROUP INVESTMENT PLAN

- Over €2bn gross investments p.a. and increasing over time

The cost of wind and PV technologies continues to fall rapidly

Lower costs make solar and wind increasingly competitive around the world. Prices have been falling for 10 years, and prices also fall for storage. The cost of wind and PV technologies continues to fall rapidly in France.



Evolution of feed-in tariffs (purchase obligation and tenders) and estimates of future prices (€ / MWh) in France

The future energy mix will be a combination of multiple solutions centralized and decentralized, of all sizes, with strong integration.

Competitive and clean renewable energy together with predictable, flexible, CO2 free and competitive nuclear energy are the two pillars of this future energy mix.

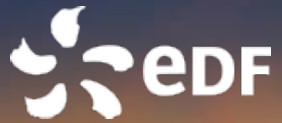
As a conclusion, EDF takes an active part in the Energy transition at a world level

- With strong decreasing costs, renewables will take a much wider place than today in the mix. EDF has strong commitments such as the 30 GW solar plan.
- Since a high share of intermittent renewable energy may jeopardize the electric grid stability and safety, EDF :
 - Improves its nuclear fleet flexibility capability,
 - Develops advanced smart grids solutions,
 - And innovates on new storage solutions (including rising electric vehicles contribution).
- Alongside renewables, nuclear power remains key with predictable, competitive and low-carbon electricity.
 - EDF extends its nuclear fleet life span.
 - EDF prepares the building of new series around 2040-2050 to take over from the existing fleet.

By developing a mix with renewable and nuclear, which guarantees security of supply, very low carbon and competitive power, EDF takes an active part in the energy transition in France and abroad.

Merci

ありがとうございました



発電分野における
エネルギー転換への挑戦
経済産業省エネルギー情勢懇談会

2018年1月31日

EDF – エネルギー転換の世界的先駆者

事業関連の数値

- **~ 37.1 百万** 世界での顧客数
- **132.3 GW⁽¹⁾** 世界での設備容量
 - 72.9 GW 原子力
 - 30.0 GW 火力
 - 29.2 GW 水力および他の再生可能エネルギー
- **583.9 TWh** 世界での発電電力量
 - ~ 78% 原子力
 - ~ 10% 水力および他の再生可能エネルギー
 - ~ 8% コンバインドサイクル発電
 - ~ 4% ガスを除く火力
- **~ 154,845人** 従業員数（内~ 38,700人が仏の配電部門、~ 40,800人が仏の発電及びエンジニアリング部門、~ 13,400人が EDFエナジーに所属）
- フラマトム : ~ 14,000人

財務指標

- **売上: 712億ユーロ**
- **EBITDA: 164 億ユーロ**
- **当期純利益（除、非経常項目）: 41億ユーロ**
- **純有利子負債: 374億ユーロ**
- **格付け⁽²⁾: A- stable (S&P) / A3 stable (Moody's) / A- stable (Fitch)**

2016年の指標 (最新の公表データ)

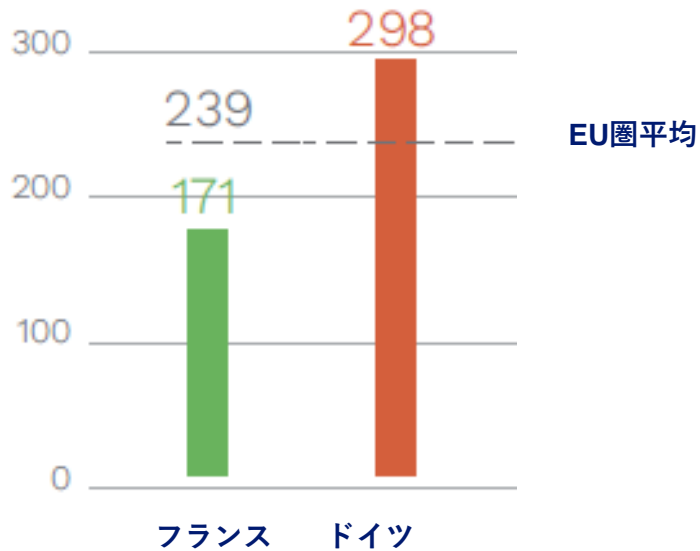
(1) EDFグループ全体の合計設備容量

(2) 2016年5月17日現在

2016年の指標 (最新の刊行データ)

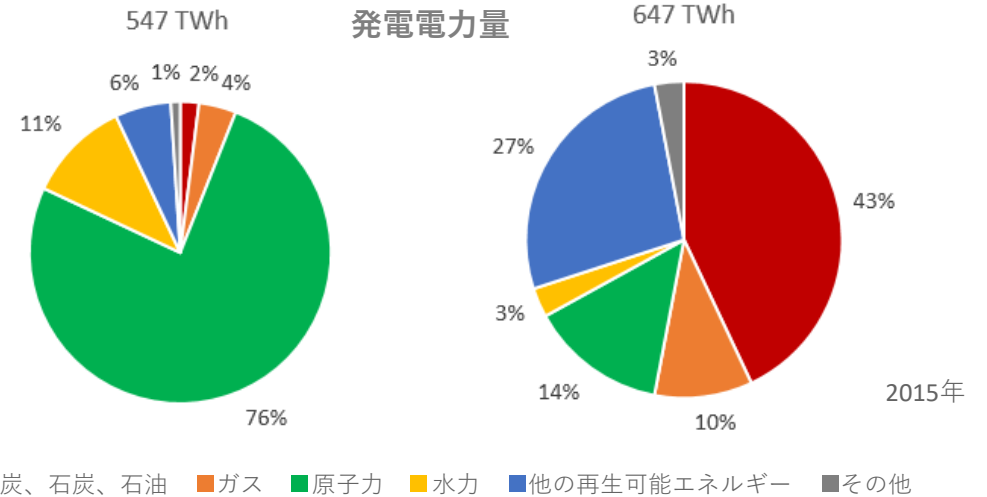
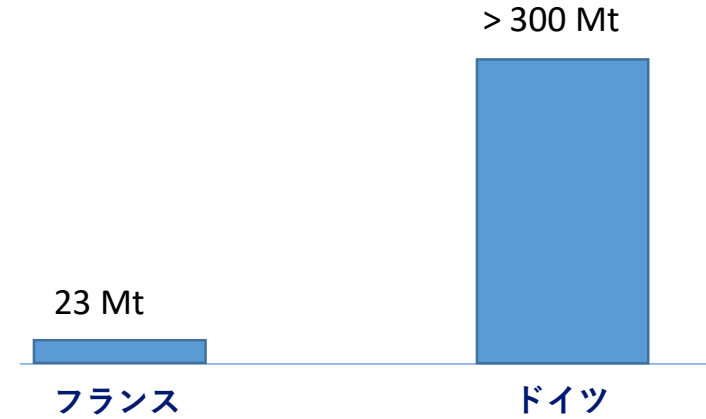
ドイツと比較し、フランスのエネルギーミックスは、 経済的な観点からも、CO2排出量の観点からも利点あり

消費者向け電力価格



家庭用消費者向けの税込み電力価格(€/MWh) 2016年第2セメスター
消費電力量: 2,5 MWh < 消費 < 5 MWh

電力部門からのCO2排出量



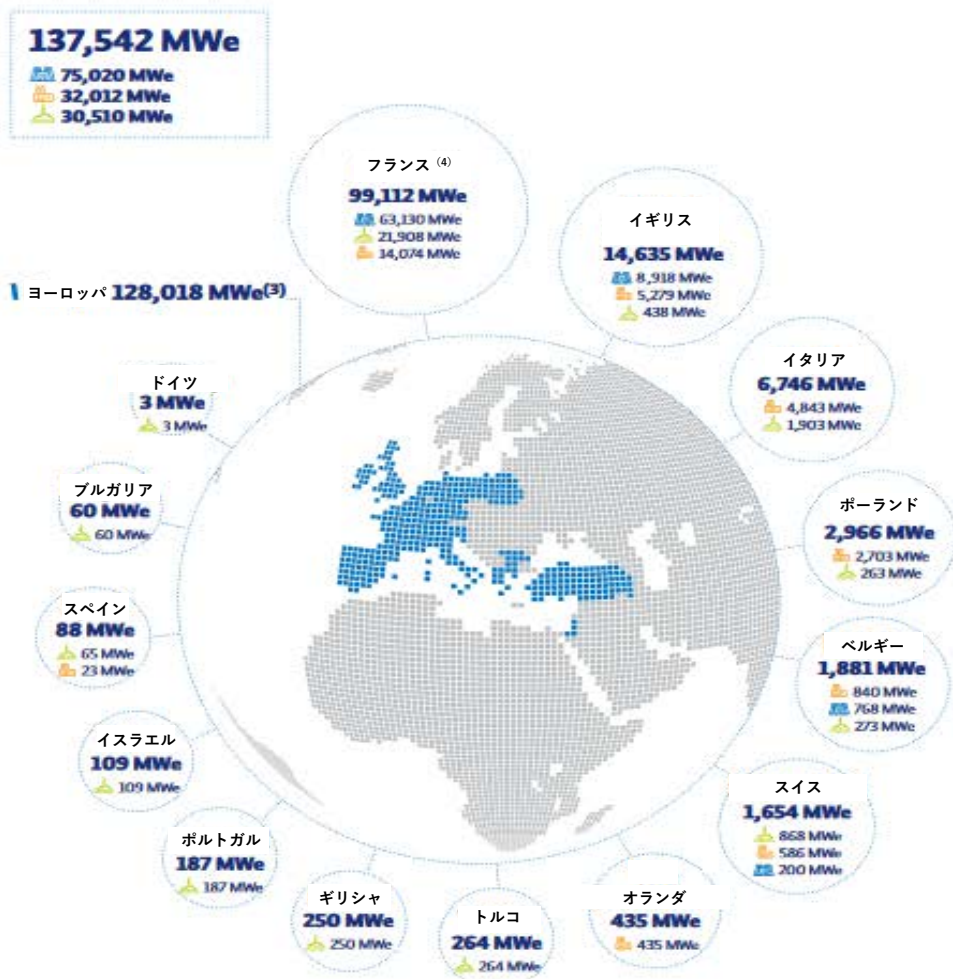
具体的なCO2排出量

- 20 g / kWh以下 EDF (フランス国内のみ)
- 71g / kWh以下 EU域内のグループ全体 (EU圏平均 300g / kWh)
- 約77g / kWh 世界全体



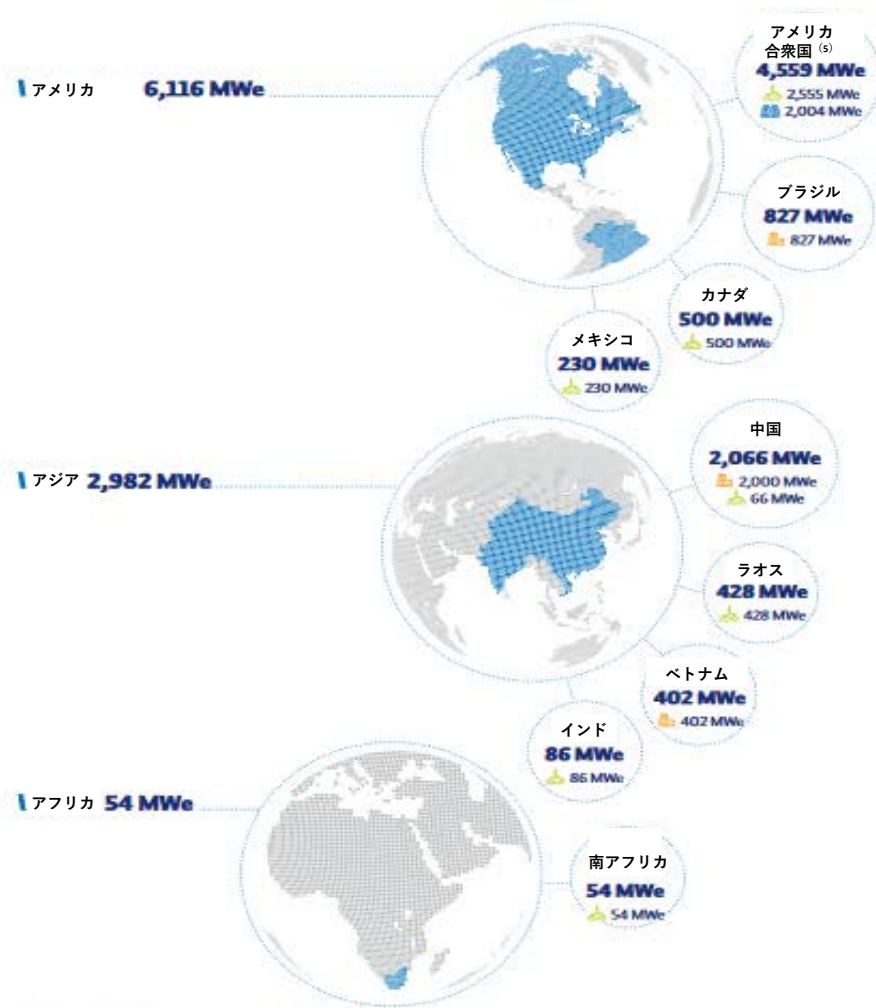
世界における足跡

EDFグループの国別設備容量 2016年



EDFグループは、3つのEPRの運転開始、既存の原子力施設への投資および再生可能エネルギーへの年間20億ユーロを越える投資、といった2020年に向けた明確な目標とともに、原子力と再生可能エネルギーを合わせたエネルギーミックスに基づいて、変革を進めています。

データは、グループ会社（関連企業、ジョイントベンチャーを含む）におけるEDFの所有権の割合に応じ統合されています。

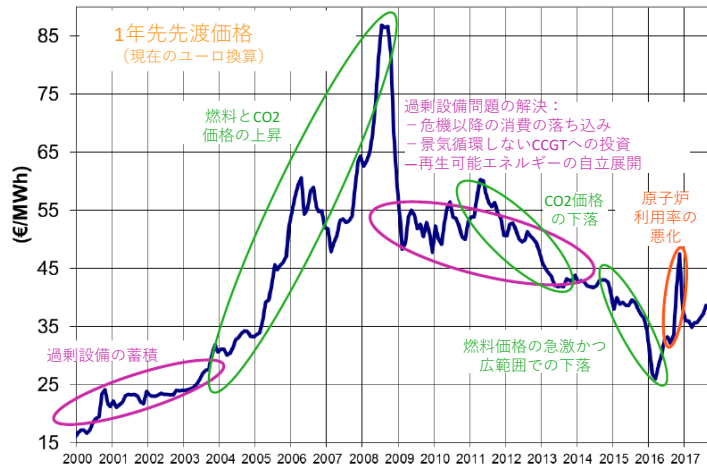


(1) Subject to approval by French Nuclear Safety Authority (ASN) for Flamanville.
 (2) Data for period 2017-2018.
 (3) Europe excluding Turkey and Israel.
 (4) Including small hydropower plants in France and assets in overseas France.
 (5) Including 20 MW of energy storage capacity and 10 MW of US Energy Movella biogas production capacity.

フランスでは、競争と低価格の観点から、EDFが主要な役割を担う

顕著な価格の進化

2000年以降の顕著な価格上昇の主要要因: 過剰設備、燃料およびCO2価格、原子力発電所の利用率等



フランスの電力市場

- 発電: EDFが国内発電電力量の86%を担う。
- 送電: 送電と給電はRTEが担う。(50.1%をEDFが保有)。
- 配電: 配電はENEDIS (100% EDFが保有) と約160の地域配電会社が担う。
- 供給: 約80の供給会社が存在。EDFの市場シェアは最終顧客ベースで77%。
- 電力取引: 前日取引、前日連続取引、当日連続取引

低コストな発電ミックスにより、フランスは電力の輸出大国。(39.1 TWh 2016年)
近年の風力および太陽光発電所の大規模な発展により、地域の電力調整者としての役割が大きく進展。



フランスにおける、エネルギーと電力に関する 新政策の方針

政府／EDF：異なる責任

- フランスの将来の電源ミックスの責任は政治に。
- EDFは、産業部門のプレーヤーの一人としてエネルギーミックスの実現に貢献する、電力の公共サービスにおける主要なプレーヤー。

エネルギー転換に向けた新しい政府の方針

- **現行のエネルギー転換法 (2015) :** 原子力発電の設備容量は現行レベル (63 GW) で据え置き。フラマンヴィル E P R (欧州加圧水型原子炉) (1.6 GW) の操業開始は、フェッセンハイム原子力発電所 (2 x 0.9 GW) の閉鎖と同時に行なう。電源ミックスに占める原子力発電の割合は、2025年に50%とする。
- **政府の新方針 (2017年10月) :**
 - 炭素排出量を低く維持し、環境目標の公約を尊重。
 - フランスの電源ミックスには、新規の化石燃料火力発電所 (石炭、ガス) は導入しない。
 - **再生可能エネルギーの大幅なシェア増加**を通じ新たにバランスの良い電源ミックスが得られるまで、**原子力発電の割合を50%とする目標を延期。**
 - **安定供給の確保、経済的な競争力および財政の持続可能性**が最も重要な指標であることは不変。

EDFは、高い人材活用スキル、卓越した技術・知識、そして大革新への原動力を統合する「DNA」により、エネルギー転換に向けた主要な役割を果たすための準備ができている。

エネルギー部門が大きく変化する中、 EDFの目標は、3つの戦略課題の観点から定義される



本プレゼンテーションでは、1つ目の課題である競争的で低炭素な電源ミックスが焦点。

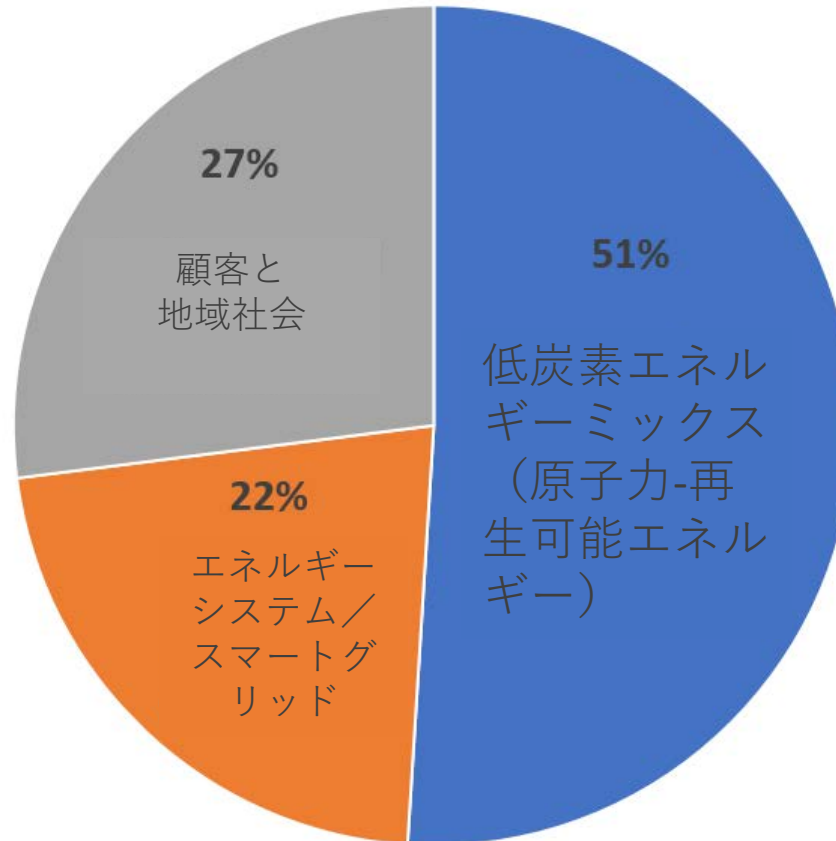
EDFのエネルギー転換への挑戦を支える R&D とイノベーション



9つの拠点

フランス国内および海外：
ヨーロッパ、アメリカ、アジア
27カ国の出身者が在籍

760 億円の予算 (2016年)

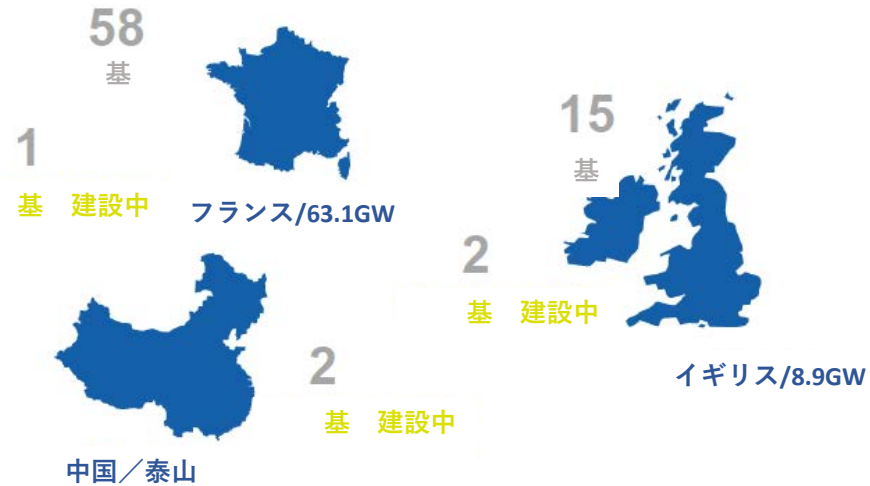


主要な日本企業との
強固なパートナーシップ



世界での原子力案件：5基が建設中、73基が運転中 フランス国内原子力体制は構造改革中

EDFは世界有数の原子力発電事業者



EDFはグローバルな専門技術を保有

原子力発電施設のライフサイクル全体の管理：設計、運転、廃炉

- EDF :世界有数の原子力事業者で、標準化された原子炉を保有。
- 40年を超える原子炉の安全な運転継続に向けた投資。
- フランス、中国、イギリスで欧州加圧水型原子炉を建設中。最適化されたEPR（欧州加圧水型原子炉）、三菱重工とのアトメア1、SMR（小型モジュール炉）を開発中。
- フランスおよび国際市場での原子力発電所の廃止措置と放射性廃棄物処理に積極的に参画。

EDFのリーダーシップ下におけるフランスの産業部門構造改革

- フラマトム (旧アレバNP)は、現在、三菱重工（19.5%）とフランスのエンジニアリンググループであるアシシステム(5%)とともに、EDFが75.5%を保有。全世界に1万4千人の従業員を抱え、全ての原子力発電所の設計、供給、原子炉保守を実施。
- アレバNewCoは、核燃料サイクルに注力。
- エドバンス (EDFの新子会社)は、EDFとフラマトムのエンジニアリング分野の統合を支援。

運転期間の延長: 競争力のあるエネルギーミックスに向けた原子力発電所の40年を越える運転継続

運転期間延長プログラムでは、三つの主要課題に取り組む

1. **主要部品**（例えば、蒸気発生器）の**更新と交換**（技術的な寿命により）。通常の保守点検には含まれない作業。
2. **安全改良点の統合**: “ポスト福島”の改良と10年点検
3. **40年を超えた設備能力の立証**。適格な設備が40年間の操業後も操業可能であることを保証するための研究と試験

EDFは、フランス国内の原子炉は少なくとも50年運転を可能にする技術上の性能は備えていると確信。EDFは、900MW級の原子炉の運転期間延長に係る費用を会計上計上済。

安全性の促進と向上のための国際協力

- 安全性の向上、訓練...
- WANO, IAEA, INPO, JANSIおよび原子力事業者との国際協力

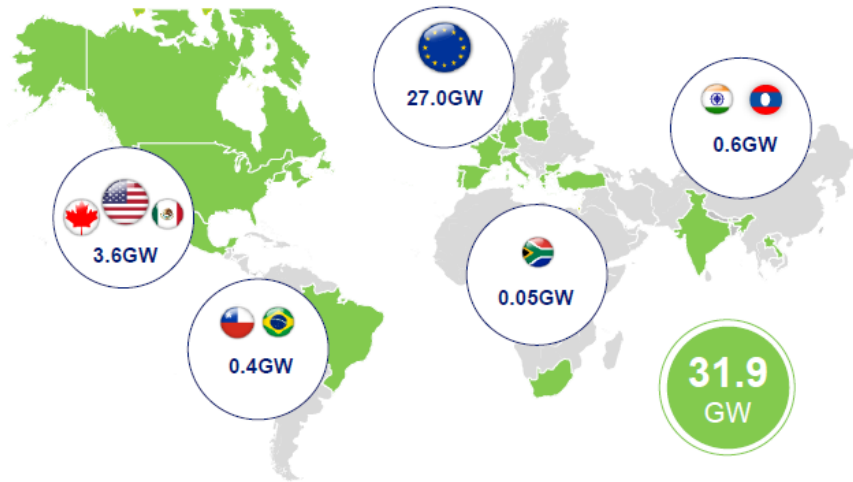


サン＝ローラン＝デ＝ゾ原子力発電所 グラン＝カレナージュプロジェクトの一部による機械室での調整作業、2016年10月

2014年 - 2025年 にわたり450億 ユーロ(6兆円)の計画

再生可能エネルギー（水力、風力、太陽光）活用における EDFのリーダーシップ:成長への力強い基盤

22カ国で世界的に展開



運転中の30.5GWの
バランスの取れた
容量ミックス

- ⇒ 運転中容量：水力発電 22.7GW, その他再生可能エネルギー7.8GW
- ⇒ 1.4GW建設中

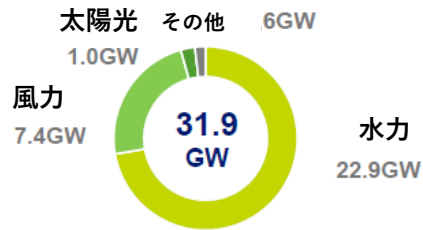
水力発電：
EDFの”DNA”

- ⇒ ヨーロッパにおける水力開発のリーダー

グループ大の選択的投資計画

- ⇒ 総額20億€を超える年間投資投資額は時間とともに増加

技術別の容量



2020年-2035年の間にフランスで30GWの太陽光発電所建設を計画

風力と太陽光技術のコストは急速に低下し続けている

コストの低下は、太陽光と風力発電の競争力を世界中で向上させました。ここ10年で価格は下がり続け、貯蔵設備の価格も下がっています。フランスでは、風力と太陽光技術のコストが急速に低下し続けています。



フランスにおける固定価格買取制度の進展（購入義務および入札）および将来価格の推測 (€/MWh)

将来のエネルギーミックスは、集中型と分散型、あらゆる規模の複数のソリューションが、強固に結びついた組み合わせになるでしょう。
競争力がありクリーンな再生可能エネルギーと、予測可能で、柔軟かつCO2フリーで競争力のある原子力発電は、将来のエネルギーミックスの二本の柱となるでしょう。

結論：EDFは世界レベルで エネルギー転換における積極的な役割を担っていく

- コストの大幅な減少により、再生可能エネルギーはミックスにおいて現在よりも幅広い役割を担うことに。EDFは、30GWの太陽光発電所計画など精力的に取り組む。
- 間欠性を持つ再生可能エネルギーの割合が高まれば、送電網の安定性と安全性が損なわれる可能性がある。EDFは以下の取組を実施：
 - 原子力発電所の柔軟性の向上
 - 先進的なスマートグリッドソリューションの開発
 - 新たな電力貯蔵ソリューションの開発（電気自動車による貢献を含む）
- 再生可能エネルギーと並び、原子力発電も、予見可能性が高く、競争力のある低炭素電源として維持
 - EDFは、原子炉の運転期間の延長を実施
 - EDFは、2040年-2050年頃に既存発電所を置き換える新しい原子炉の建設に向けた準備

EDFは、再生可能エネルギーと原子力とのミックスを発展させることで、安定かつ低炭素で、競争力のある電力供給を保証し、フランス国内及び世界でエネルギー転換における積極的な役割を担っていく。

Merci

ありがとうございました