

**ÇA CHANGE TOUT**

Revue n° 1 – juillet 2019

---

# **QUELLE PLACE POUR LES ÉNERGIES BAS CARBONE ?**



# Une revue, des podcasts et des webd

# casts, ocs

Nous avons choisi de nous placer au cœur des discussions autour de grands défis qui sont les nôtres, ceux de la transition énergétique.

Avec une électricité décarbonée à 97 %, nous jouons un rôle moteur. À l'écoute de nos clients et partenaires, de nos collaborateurs, des élus, des territoires, des associations et ONG, des universitaires, nous voulons explorer et questionner, à l'heure du défi climatique, les bouleversements à l'œuvre, qu'ils soient industriels, sociaux, technologiques, économiques ou géopolitiques. La bataille du climat est un combat contre le CO<sub>2</sub> qui doit être mené partout et par tous. Nous voulons fédérer les énergies, impulser un grand mouvement collectif. Pour tout changer... Nos manières de produire une électricité encore plus décarbonée, mais aussi nos façons de consommer l'énergie.

Nombreux sont ceux qui déjà par leur expertise, leur engagement, leur inventivité « changent tout ». Des solutions concrètes émergent au cœur des territoires, dans les villes, les habitations ou encore sur les sites de production. Mix énergétique, numérique et progrès, mobilité électrique, *smart grids*, nouveaux modes de consommation... Tout cela raconte un mouvement de fond dont nous voulons être l'accélérateur, en innovant, pour contribuer, par tous les moyens d'aujourd'hui et de demain, à un monde bas carbone.

**Le bas carbone fait justement l'objet de ce premier numéro.**

Une énergie bas carbone est-elle possible ? Comment y arriver ? À quel rythme ? C'est à ces questions, fondamentales et pourtant complexes, que nous souhaitons apporter un éclairage dans notre nouvelle revue

**ÇA  
CHANGE  
TOUT**

# Une énergie bas carbone est-elle possible?

Mix énergétique, stockage, acceptabilité... Autant de sujets qui ont été abordés par Marie-Claire Aoun, géopoliticienne de l'énergie, et Jean-Louis Étienne, médecin explorateur, le 21 juin dans le podcast « Ça change tout » animé par Thierry Guerrier et sa complice Yolaine de la Bigne.

Retour sur les moments clés de ce débat.

Pourquoi c'est si compliqué d'arriver à une énergie sans carbone?



Il y a une contrainte temporelle et économique très forte : le charbon a mis 60 ans à s'installer dans le mix énergétique, le pétrole 40 ans.

... On ne peut pas prendre tout ce temps pour que les énergies bas carbone s'installent.

Il faut que les énergies renouvelables puissent devenir compétitives et rentables !

Il faut favoriser le dialogue avec toutes les populations : présenter un projet et être prêt à l'adapter, se mobiliser le plus en amont possible pour trouver les solutions les plus adaptées à chaque territoire.

Un individu qui souhaiterait être autonome en énergie aujourd'hui, il le peut grâce aux énergies renouvelables. Intéresser les citoyens à ces investissements-là, c'est la meilleure façon de les convaincre.

On a une addiction à l'électricité que l'on sous-estime. Pour amener les gens à adopter les bons comportements, la pédagogie est clé.

C'est vers un bouquet d'énergies décarbonées qu'il faut s'orienter. En France, on a la chance d'avoir une électricité en grande partie décarbonée grâce au nucléaire.



Réfléchissons en terme global pour ne pas se fermer de portes, évaluer des options en fonction de leurs avantages et de leurs inconvénients.

Aujourd'hui, on voit un bel avenir pour le stockage puisqu'on a beaucoup d'amélioration sur la quantité d'électricité stockée et sur l'optimisation de ces batteries.

Vous avez soulevé le problème de l'intermittence. Quelles sont les solutions ?

Le marché du stockage est énorme.

Les solutions, intellectuellement, les ingénieurs les ont, mais la mise en œuvre est complexe. Mettre en place un nouveau système énergétique, c'est quelque chose qui est colossal.

Ça cherche du côté des ingénieurs !



Découvrez le podcast « Ça change tout » sur toutes les plateformes d'écoute et de téléchargement : Apple Podcasts, Spotify, Deezer, Podcast Addict, Google Podcasts... et sur edf.fr



## Entretien

« La transition vers une société plus sobre d'un point de vue énergétique est inéluctable. Entreprises et acteurs politiques doivent développer une vision stratégique dès aujourd'hui. »

---

### Jean Jouzel

Climatologue, prix Nobel de la paix pour ses travaux au GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), et Directeur de recherche émérite au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), il est aussi membre du CESE (Conseil économique, social et environnemental).

Jean Jouzel a fait partie des premiers scientifiques à établir le lien entre l'activité humaine et le réchauffement climatique. Depuis plus de trente ans, il alerte décideurs politiques et industriels ainsi que l'opinion publique sur l'urgence de la situation environnementale. Inéluctable, indispensable mais aussi créatrice de valeur : il nous livre sa vision de la transition climatique.

— Les débats sur le réchauffement climatique semblent souvent trop abstraits à certains, notamment à cause de l'accumulation de données techniques. Comment faire prendre conscience, très simplement, de l'urgence actuelle ?

**Jean Jouzel.** Nous devons limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C par rapport à la période préindustrielle suite à laquelle nous avons déjà pris 1 °C. Une hausse de la température de 2 °C entraîne des conséquences importantes sur notre environnement et nos conditions de vie. Cette différence de 0,5 °C s'avère essentielle. Par exemple, c'est entre 1,5 °C et 2 °C que se situent des seuils de risque pour les récifs coralliens. Et, si nous n'agissons pas aujourd'hui, les générations futures devront faire face à des augmentations de 3 °C à 4 °C. Comme vous le voyez, il n'est pas nécessaire d'être très technique. Ces chiffres résument tout. Il y a trente ans, le GIEC lançait un premier avertissement sur l'évolution du climat. Ce que nous envisagions à l'époque s'est ensuite vérifié. Nous pourrions donc discuter des différents rapports, du temps disponible pour mettre en œuvre certaines politiques mais la réalité est malheureusement plus claire : nous sommes au temps de l'action. Si nous voulons limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C, les décisions doivent être prises et entrer en application dès aujourd'hui. La transition vers une société plus sobre d'un point de vue énergétique est inéluctable.

— Mais pouvons-nous mettre en œuvre si rapidement ces décisions indispensables ? L'organisation économique des sociétés, les stratégies des diverses industries peuvent-elles évoluer si brutalement ?

**J. J.** Pour changer vraiment de cap, il est indispensable de savoir où aller et comment. Les entreprises comme les acteurs du monde politique doivent donc développer une vision stratégique à moyen et à long terme pour agir dès aujourd'hui. D'ailleurs, les mentalités évoluent sur ce point. De plus en plus d'actionnaires demandent aux groupes cotés d'évaluer précisément les risques climatiques liés à leur activité. L'engagement environnemental devient ainsi un argument clé du pilotage d'une entreprise. Il s'agit d'un signe avant-coureur du changement des mentalités que la société, dans son ensemble, doit mener en profondeur.

— Et de quelle façon ?

**J. J.** Je crois, par exemple, qu'il faut absolument en finir avec l'opposition entre transition énergétique et dynamisme économique. Elle n'a pas de sens. Bien au contraire, l'évolution vers une société respectueuse des enjeux climatiques sera à l'origine d'une véritable dynamique économique. Réussir cette transition reviendra à créer 900 000 emplois nets en France et près de 6 millions en Europe. C'est pourquoi le terme de « décroissance » ne me paraît pas approprié. Il est préférable, selon moi, de parler d'une « autre croissance » ou d'une « croissance différente » qui intègre les notions de bien-être, d'éthique, de protection..., ce qui n'est pas forcément synonyme de récession économique ! Il faut sortir de cette logique. Une économie créatrice de valeur permettra d'investir encore plus dans les solutions d'avenir : on le voit, les deux enjeux sont donc

bien liés. Le premier continent qui réussira sa révolution énergétique sera aussi gagnant sur le plan économique. Et l'Europe, grâce à son industrie, à sa capacité d'innovation, à la prise de conscience des jeunes générations notamment, possède de nombreux atouts pour négocier ce virage capital.

— Les solutions d'avenir seront-elles technologiques ou reposeront-elles plutôt sur les comportements et les bonnes pratiques de chacun ?

**J. J.** Là encore, l'opposition des deux me semble stérile. Nous devons investir dans la recherche, c'est une évidence, notamment pour développer les capacités de stockage dans les énergies renouvelables ou les procédés de captation du CO<sub>2</sub> mais l'enjeu ne peut se résumer à un défi technique. Il nécessite aussi un engagement citoyen de chacun et chacune. En France, par exemple, nous devons être capables de diviser par deux la consommation d'énergie d'ici à 2050.

— Quelles sont les actions prioritaires, selon vous ?

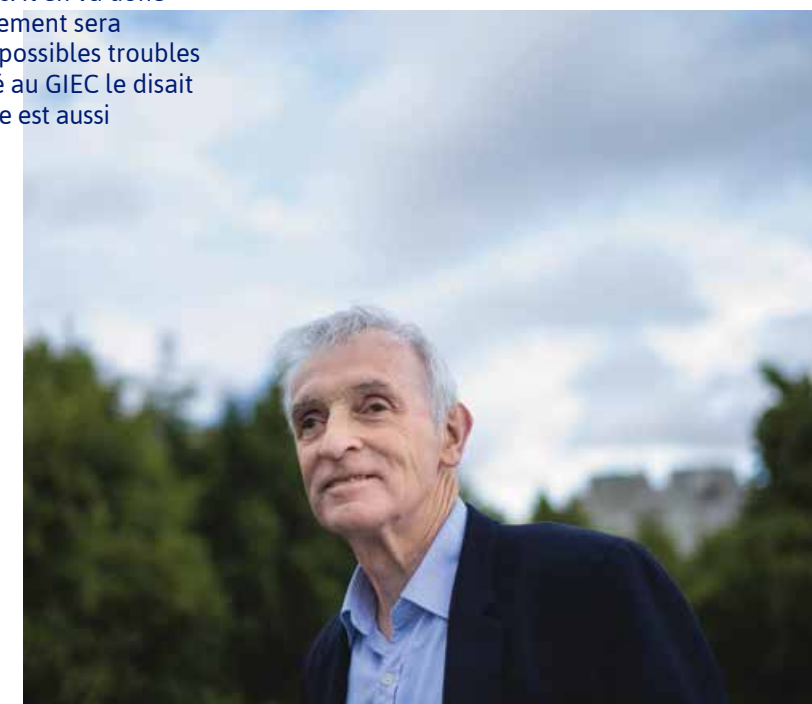
**J. J.** Les combustibles fossiles constituent encore la première source d'énergie. Il est capital de les limiter, puis de les abandonner. Les efforts doivent porter sur le secteur de la mobilité, en favorisant les solutions respectueuses de l'environnement, ainsi que sur la neutralité carbone des bâtiments. Les deux pistes sont importantes, elles doivent être menées de front.

— Création d'emplois et de nouveaux métiers, changement des habitudes de consommation... Le défi climatique est aussi un défi social.

**J. J.** Tout à fait ! Et il s'agit même d'une dimension décisive, souvent méconnue. Le premier risque du changement climatique reste l'accroissement des inégalités sociales. Les plus fragiles économiquement éprouvent le plus de difficultés à se relever des événements extrêmes liés au climat. Les suites de l'ouragan Katrina, qui a ravagé La Nouvelle-Orléans en 2005, le prouvent. Les plus aisés ont la capacité de rebondir, les autres beaucoup moins. Il en va donc de la stabilité de nos sociétés. Par ailleurs, le réchauffement sera à l'origine de fortes migrations et, par conséquent, de possibles troubles géopolitiques. Le prix Nobel de la paix 2007<sup>(1)</sup> attribué au GIEC le disait clairement : la lutte contre le réchauffement climatique est aussi un facteur de paix.

**« Nous sommes au temps de l'action. L'évolution vers une société respectueuse des enjeux climatiques sera à l'origine d'une véritable dynamique économique. »**

Jean Jouzel



(1) Prix décerné conjointement à Al Gore et au GIEC pour leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur les changements climatiques provoqués par l'homme et pour avoir posé les fondements pour les mesures nécessaires à la lutte contre ces changements.

EN ROUTE VERS LE

# ZÉRO CARBONE

EN 2050

Révisée fin 2018, la Stratégie nationale bas-carbone de la France dessine le chemin vers une neutralité carbone en 2050, conformément aux objectifs fixés dans l'Accord de Paris. Tous les pans de l'économie sont concernés : les transports, l'habitat, l'agriculture et l'alimentation, l'industrie, l'économie circulaire et, bien entendu, l'énergie.

**SNBC\***  
\*Stratégie nationale bas-carbone

La Stratégie nationale bas-carbone définit la feuille de route de la France pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Elle comprend 67 recommandations sur chaque secteur d'activité et sur des sujets transversaux (empreinte carbone, investissements, gestion des terres, dynamique des territoires, R&D, éducation et formation).

### Les objectifs par secteur

- 1. Les transports, 30 % des émissions de CO<sub>2</sub>(<sup>1</sup>) :** ce secteur doit les réduire de 70 % à l'horizon 2050, en favorisant notamment la mobilité électrique et l'efficacité énergétique des véhicules.
- 2. Le bâtiment, 27 % des émissions de CO<sub>2</sub>(<sup>1</sup>) :** doit les réduire de 86 % à l'horizon 2050 en faisant de la rénovation énergétique une priorité nationale.
- 3. Le secteur de l'agriculture et de la forêt, 20 % des émissions de CO<sub>2</sub>(<sup>1</sup>) :** a pour objectif de réduire ses émissions agricoles de 48 %, d'ici à 2050, en augmentant les puits et les stocks de carbone via les terres agricoles et une gestion durable de la forêt.
- 4. L'industrie, 18 % des émissions de CO<sub>2</sub>(<sup>1</sup>) :** vise une diminution de 75 % de ses émissions en 2050, en maîtrisant la demande en énergie et en matière, et en développant l'économie circulaire.
- 5. Les énergies, 10 % des émissions de CO<sub>2</sub>(<sup>1</sup>) :** visent le maintien des émissions à un niveau inférieur à 2015 et à réduire les émissions liées à la production d'énergie de 95 %, d'ici à 2050, par rapport à 1990, par des gains d'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables.

(1) Données 2015.

Si la France a l'un des plus faibles niveaux d'émission de gaz à effet de serre par habitant parmi les pays développés, grâce au parc nucléaire d'EDF, elle poursuit le déploiement d'une politique de transition énergétique volontariste et ambitieuse. Celle-ci a débouché sur l'adoption de la loi de transition énergétique pour la croissance verte en 2015 et la formalisation d'une première Stratégie nationale bas-carbone. Son ambition ? Diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre de la France en 2050 par rapport à 1990. Fin 2015, l'Accord de Paris a fixé la barre plus haut en visant de limiter le réchauffement bien en deçà de 2 °C à la fin du siècle. La seconde Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) constitue la feuille de route de la France en visant la neutralité carbone en 2050 et en redéfinissant des plafonds d'émissions tous les cinq ans.

Dans la continuité du Plan climat et de la Stratégie nationale bas-carbone, le gouvernement français a publié le projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) en janvier 2019. Elle fixera les priorités d'actions dans le domaine de l'énergie. Cet outil de pilotage de la politique énergétique de la France précise, pour le secteur énergétique, les mesures opérationnelles qui permettront de mettre le pays sur le chemin de la

**GIEC\***  
\*Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

### Le GIEC publie son 5<sup>e</sup> rapport

**Chaque demi-degré de température compte en matière de lutte contre le réchauffement climatique.**  
Par rapport à l'ère préindustrielle, le climat s'est déjà réchauffé de 1 °C en moyenne. Au rythme des émissions actuelles, le réchauffement climatique atteindra 1,5 °C entre 2030 et 2052. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié, en octobre 2018, un rapport sur les impacts d'un réchauffement climatique global de 1,5 °C par rapport au + 2 °C en 2100, fixé par l'Accord de Paris sur le climat. Il montre que gagner ce demi-degré est loin d'être anodin.

Par exemple :

- la hausse du niveau des mers serait limitée à 10 cm, d'ici à 2100, impactant moins de personnes dans le monde;
- 1,5 à 2,5 millions de km<sup>2</sup> de permafrost en seraient préservés, avec des implications importantes en termes de stockage du CO<sub>2</sub>;
- deux fois moins de personnes seraient exposées à une pénurie d'eau douce;
- 30 % des récifs coralliens seraient préservés, grâce à une moindre acidification des océans.

**Comment y parvenir ?**  
La seule issue passe par une baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, dès aujourd'hui, pour atteindre une baisse de 45 %, d'ici à 2030, et devenir nulle, à l'horizon 2050, soit 25 ans plus tôt que le scénario + 2 °C. Cette ambition nécessiterait un rythme de transformation inédit et des progrès techniques majeurs de captation du CO<sub>2</sub> à grande échelle. Il pourrait être ainsi possible de recourir à des procédés naturels comme les arbres, les sols, les puits naturels de carbone dans l'océan – voire des procédés chimiques en stockant le carbone en sous-sol.

### Réunis pour atteindre le zéro carbone

En 2018, EDF a rejoint la Net Zero Initiative lancée par le cabinet Carbone 4. Celle-ci réunit des entreprises désireuses de s'engager sur la voie de la neutralité carbone. À l'image d'EDF qui s'est fixé cet objectif en 2050. Les neuf entreprises partenaires élaboreront une méthode, futur référentiel, pour passer du concept de la neutralité carbone à la réalité. En tant que producteur d'une électricité bas carbone, EDF a toute sa place dans cette démarche.

neutralité carbone. Il va maintenant être discuté au sein de plusieurs instances qui rendront un avis. Le public sera invité à donner le sien par internet à l'issue de l'avis rendu par l'Autorité environnementale. Ce projet de PPE poursuit cinq objectifs : baisser la consommation d'énergie, réduire l'usage des énergies fossiles, diversifier le mix énergétique, développer l'emploi et renforcer le pouvoir d'achat. Pour la première fois, il embrasse en même temps des questions centrales liées aux énergies et au changement climatique. Surtout, il les aborde sur deux échelles de temps, indispensables pour cette industrie qui a besoin de voir loin pour planifier ses investissements : à l'horizon 2028, pour initier les mesures opérationnelles mettant la France sur le chemin de la neutralité carbone, et en 2050, date à laquelle le pays devra atteindre cette neutralité.

**Décarboner l'économie par l'électricité.** Le projet de PPE réaffirme que les objectifs énergétiques français portent à la fois sur la réduction des consommations d'énergie mais aussi sur une nécessaire décarbonation de l'économie qui s'opérera en grande partie grâce à l'électricité. Deux raisons l'expliquent. Premièrement, la consommation électrique va croître légèrement – entre 0% et 0,5% par an – tirée par la hausse démographique et par les nouveaux usages (véhicules électriques, pompes à chaleur, objets connectés...).

À titre de comparaison, selon les dernières données de l'AIE, la Suède a un des plus forts taux d'électrification de l'économie avec une consommation par habitant de 13 700 kWh/an (contre 7 148 kWh/an en France) : cela se traduit par des émissions de CO<sub>2</sub> de 3,8 tonnes par habitant, un des taux les plus bas au monde, contre 4,8 tonnes en France et 8,9 tonnes en Allemagne.

Deuxièmement, l'électricité en France est déjà très largement décarbonée, grâce à EDF, dont la production est décarbonée à 97%\*. Selon RTE, le secteur électrique français a émis 20 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2018, dont 9,3 pour EDF. La performance carbone de 17 g/kWh d'EDF, rapportée au 37 g/kWh pour la France, fait d'EDF un acteur majeur de la transition vers une énergie décarbonée.

Malgré ses investissements massifs dans la production d'électricité d'origine renouvelable, l'Allemagne a un contenu spécifique par kWh supérieur à 500 g/kWh, du fait de son recours au lignite et au charbon. Par ailleurs, les exportations d'électricité décarbonée, réalisées par la France – le pays le plus exportateur d'Europe – participent à la décarbonation du Vieux Continent en limitant le recours à des centrales au gaz ou au charbon par d'autres pays.

La production d'énergie va également changer : plus renouvelable et décentralisée, elle va se rapprocher des citoyens et être de plus en plus respectueuse de l'environnement. La part du nucléaire sera progressivement réduite pour diversifier nos sources de production d'électricité bas carbone. La biomasse devra être produite de manière durable pour répondre aux besoins de l'ensemble des chaînes de valeur de la bioéconomie (alimentation, matériaux, énergie, etc.), et notamment utilisée de manière optimale pour produire des biocombustibles. L'électricité renouvelable sera produite partout sur les territoires et pilotée par des réseaux locaux intelligents.

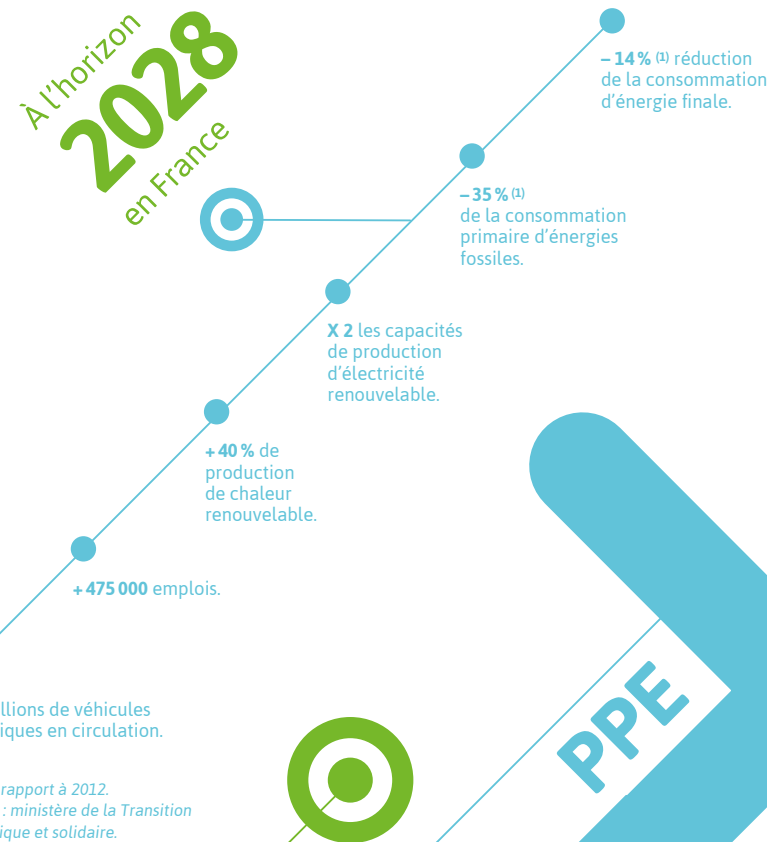
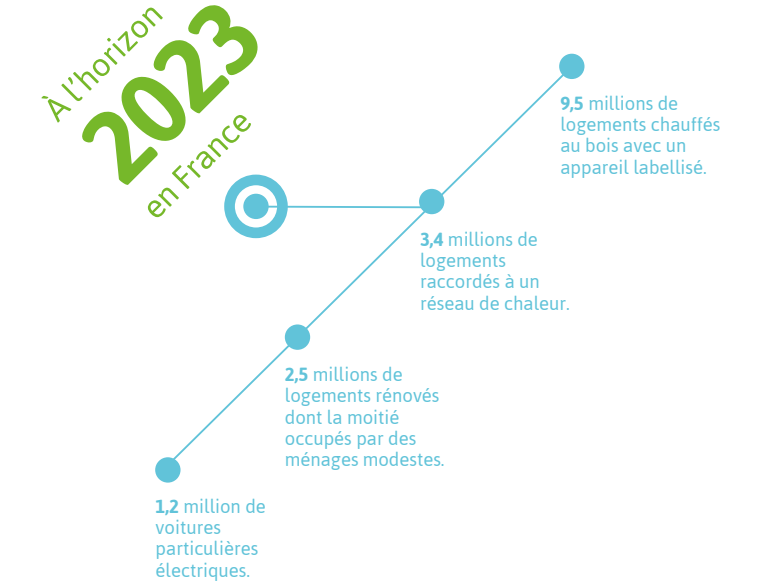
**Des décisions structurantes sur le mix électrique** de long terme devront être préparées au cours de la première période de la PPE. L'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050 est une priorité de la France pour répondre à l'enjeu climatique. Elle suppose que le mix électrique soit, sur le long terme, totalement décarboné. De nouvelles capacités nucléaires n'apparaissent pas nécessaires pour le système électrique avant l'horizon 2035. Au-delà se pose la question des nouveaux moyens de production d'électricité décarbonée à construire pour assurer l'équilibre offre-demande à mesure du déclassement du parc nucléaire existant.

En l'état actuel des technologies, il n'est pas possible de déterminer avec certitude la technologie de production d'électricité qui sera la plus compétitive pour remplacer le parc nucléaire existant au-delà de 2035 : entre le nucléaire

et les énergies renouvelables couplées au stockage et à d'autres solutions de flexibilité. Après 2030 et à l'horizon 2050, ces paramètres devront être combinés pour dessiner le nouveau paysage énergétique de la France et la part respective du nucléaire et des énergies renouvelables.

Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche sur les technologies de stockage et de maintenir les compétences indispensables à la construction de nouvelles centrales nucléaires.

**Faire évoluer le mix énergétique.** Le projet de PPE pose donc sur la table l'augmentation de l'électricité dans la consommation d'énergie finale et exprime la volonté de maintenir une électricité bas carbone. Pour cela, il mise sur un mix énergétique plus diversifié en développant les énergies renouvelables et en réduisant la part du nucléaire. Cela se traduit par une fermeture échelonnée des réacteurs existants à partir de 50 ans, d'autres fonctionnant 60 ans. Concrètement, le gouvernement français prévoit un doublement des capacités installées en renouvelables, d'ici à 2028, et la fermeture de 14 réacteurs nucléaires, dont 4 à 6 réacteurs d'ici à 2028 (y compris les 2 de Fessenheim). Dans le même temps, il demande à EDF d'établir un dossier pour la construction de nouvelles centrales nucléaires en France pour 2021. Enfin, la PPE prévoit la fermeture des dernières centrales à charbon, d'ici à 2022, sachant qu'aucune autorisation ne sera accordée à des nouveaux projets de centrales électriques utilisant des combustibles fossiles, charbon ou gaz. On s'oriente donc vers une transition douce visant à équilibrer le mix énergétique, tout en le rendant encore plus décarboné.



## EDF : quelle contribution au projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie ?

À l'instar de tous les acteurs de l'énergie, EDF a contribué à l'élaboration du projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie. Le Groupe est pleinement engagé pour construire un mix électrique encore plus décarboné avec le nucléaire et les énergies renouvelables, tout en fermant ses centrales charbon. Il s'y emploie en proposant une transition progressive qui préserve le réseau électrique et les impacts économiques sur les territoires. Son cahier d'acteurs exprime sa vision de la transition énergétique, articulée en quatre points :

1. Une prévision d'une consommation d'électricité en légère croissance dans les vingt prochaines années. Elle augmentera de 0% à 0,5% par an au cours des deux prochaines décennies en raison de l'émergence des nouveaux usages et de la croissance démographique.
2. Une électricité de plus en plus d'origine renouvelable. EDF s'y engage largement sur la base notamment de son Plan solaire et son Plan stockage de l'électricité.
3. Un parc nucléaire actuel, qui, à terme, diminuera, adossé aux énergies renouvelables pour une production d'électricité décarbonée et compétitive. EDF recommande d'étaler la fermeture de réacteurs nucléaires à partir de 2029 pour préserver l'équilibre du système électrique et celui des territoires.
4. La nécessité de construire de nouvelles tranches nucléaires pour garantir un système décarboné à l'horizon 2050. Prendre cette décision dans un avenir proche permettrait une première mise en service vers 2030 et de disposer des gigawatts nécessaires à l'horizon 2050.

**L'ambition de neutralité carbone demande d'utiliser tous les leviers : incitation aux comportements sobres, efficacité énergétique dans tous les secteurs, utilisation des énergies renouvelables, de la biomasse à la géothermie en passant par la récupération des déchets, développement des gaz et carburants de synthèse, et, bien sûr, électricité. Ces transformations ne doivent pas oublier le volet social : la transition doit être juste et inclusive.**

\* Production France métropolitaine (hors Corse, hors DOM).

# QUEL NUCLÉAIRE DEMAIN EN FRANCE ?

3<sup>e</sup> filière industrielle française,  
le nucléaire vit un moment important.

Le nucléaire est une technologie bas carbone, pilotable,  
disponible 24 h/24 et flexible.

Dans le contexte de la PPE, le gouvernement demande à EDF de fournir un dossier en 2021 sur le No. 1<sup>er</sup> acteur nucléaire mondial, EDF est le chef de file de la nouvelle filière nucléaire française.

## Le Grand carénage, point d'étape

2019 est une année charnière avec plusieurs opérations prévues comme à Tricastin, première tranche du parc prolongée au-delà des 40 ans. L'année sera aussi consacrée à la préparation des visites décennales suivantes puisque 70% des montages sont réalisés avant l'arrêt. Pour chaque visite, les travaux commencent plusieurs années à l'avance, afin de limiter au maximum les arrêts et préserver l'équilibre offre/demande. Ces préparatifs mobilisent l'exploitant, l'ingénierie et une myriade de fournisseurs et dynamisent fortement l'économie locale. 2019 est aussi l'année de la visite de Bugey 2 et la première de la deuxième série de visites décennales de Chooz 2. Elle verra surtout la mise en exploitation des Diesels d'Ultime Secours, projet également emblématique du Grand carénage. Plus de 30 équipements de ce type sont déployés. Défini par EDF suite à l'accident de Fukushima, et mis en œuvre selon un calendrier présenté à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), le programme post-Fukushima permettra d'équiper les centrales nucléaires françaises de lignes de défense complémentaires pour augmenter la robustesse des installations face à des situations extrêmes.

La PPE réaffirme le rôle essentiel du nucléaire, capable de fournir en permanence une électricité décarbonée et pilotable, pour faire face aux enjeux climatiques, économiques et sociétaux de notre pays. Un cap qui exige une vision industrielle et économique de long terme pour conserver durablement cet atout dans le mix énergétique français.

**À l'échelle mondiale**, dans la plupart des simulations analysées par le GIEC permettant de rester sous la barre de 1,5 °C, la part du nucléaire augmente. Si la tendance actuelle se poursuit, le respect des objectifs climatiques nécessitera de multiplier par six les capacités nucléaires mondiales. De 59 % à 106 % d'ici à 2030, de 98 % à 501 % d'ici à 2050 par rapport à 2010. Les défis relèvent de plusieurs registres : déconstruction, innovation, digitalisation... Quelles sont les perspectives pour le nucléaire français en 2050 ?

**Le nucléaire, meilleur allié des énergies renouvelables.** À l'horizon 2035, les énergies renouvelables et le nucléaire seront à parité dans le mix énergétique. Et ce, de manière durable. La transition vers ce nouvel équilibre devra être progressive pour préserver le réseau électrique et donc l'équilibre entre l'offre et la demande, indispensable pour la fiabilité du système électrique. L'électricité ne se stockant pas en grande quantité, EDF adapte la production à la consommation à tout instant pour répondre aux besoins des industries qui fonctionnent jour et nuit, mais aussi aux nouveaux besoins (mobilité électrique, appareils connectés...).

L'adaptation de la production d'une tranche nucléaire au besoin du réseau s'appelle le « suivi de charge » ou de « modulation ». Cet équilibre production-consommation varie de plus en plus avec le développement des énergies renouvelables. Intermittentes, les énergies solaires et éoliennes ajoutent leur fluctuation à celle de la consommation. Pour compenser et équilibrer le réseau électrique, la puissance du nucléaire et de l'hydraulique doit varier davantage. Cette modulation est un élément déterminant pour réussir l'intégration des renouvelables au sein du mix énergétique et ainsi la transition énergétique. Dans ce domaine, EDF possède un vrai savoir-faire. Ses réacteurs nucléaires sont capables d'augmenter la production ou de la réduire en seulement trente minutes. Une flexibilité et une réactivité qui font du nucléaire le meilleur allié des énergies renouvelables dont il rend possible l'essor à grande échelle.





**Maintenir la sûreté du parc existant.** Pour répondre à cette ambition, la PPE prend en compte le renouvellement du parc nucléaire français, et incite à poursuivre les investissements nécessaires à l'exploitation, en toute sûreté, d'une majorité des tranches jusqu'à 50 ans, voire 60 ans, si l'ASN donne son autorisation. C'est la raison d'être du Grand carénage, dont la vertu est de contribuer, étape après étape, à l'objectif de 50% de nucléaire dans le mix énergétique en 2035. Prolonger les centrales en les modernisant, le temps nécessaire pour que les énergies renouvelables montent en puissance. En cela, le Grand carénage est un pilier de la transition énergétique. Il conforte la compétitivité de l'ensemble « nucléaire et renouvelables », une compétitivité qui sera renforcée par l'exigence européenne croissante de décarbonation.

Le montant des investissements liés au Grand carénage est d'environ 48 milliards d'euros courants sur la période 2014-2025. Mais au-delà, le Grand carénage vise à tirer le meilleur parti des installations existantes pour lisser la construction de futurs moyens de production, y compris des moyens de production nucléaire. En effet, la France doit se préparer à remplacer environ 50 GW de capacité nucléaire à l'horizon 2050.

À ce terme, le mix énergétique français restera assis sur la complémentarité entre renouvelables et nucléaire, avec une part de renouvelables en forte hausse. Le nucléaire de 2050 sera du nucléaire nouveau, dont il serait présomptueux de vouloir planifier la quantité aujourd'hui. Mais être capables de disposer à l'horizon 2050 des gigawatts nucléaires que le pays estimera nécessaires suppose d'engager rapidement les travaux relatifs à la construction de deux premières tranches.

Rénovation et renouvellement du parc sont ainsi les deux piliers d'une même stratégie industrielle, visant à préserver durablement l'atout que constitue le nucléaire pour la France.



*Un dossier où EDF doit démontrer sa capacité à maîtriser les coûts et les délais de construction de*

*nouveaux réacteurs EPR en France...*



*... et définir les besoins de la France en matière de nucléaire pour les soixante à quatre-vingts ans à venir.*

**50 000** salariés et entreprises prestataires travaillent au quotidien sur le parc en exploitation en France.

**« Nous construisons une filière plus performante et plus compétitive. Demain, EDF disposera d'une gamme entière de réacteurs nouvelle génération pour répondre à la diversité des besoins et des réseaux électriques, partout dans le monde. »**

**Philippe Sasseigne**  
Directeur exécutif en charge de la Direction du parc nucléaire et thermique<sup>(1)</sup>

(1) Au 1<sup>er</sup> juillet 2019, Philippe Sasseigne a été remplacé par Cédric Lewandowski.



**Concevoir le nucléaire de demain.** Alors que l'EPR fait ses premiers pas, EDF et Framatome travaillent, d'ores et déjà, sur son optimisation. Pourquoi aujourd'hui ? Parce que le temps industriel est un temps long. Ce projet est déterminant pour le nucléaire des années à venir, car il va structurer économiquement, financièrement et industriellement l'approche du renouvellement des centrales nucléaires actuelles. D'une puissance de 1 670 MW, cet EPR optimisé, appelé « EPR2 », a vocation, dans un premier temps, à renouveler le parc nucléaire en France puis, dans un second temps, à élargir l'offre de la filière nucléaire française à l'export. L'enjeu est de réduire la durée et le coût de construction grâce à la simplification et à la standardisation de ses équipements, en intégrant le retour d'expérience des premiers chantiers de construction d'EPR dans le monde.

Tous ces projets de nouveaux réacteurs se déroulent dans le cadre de la restructuration de la filière nucléaire française avec deux filiales du Groupe, Edvance pour l'ingénierie des îlots nucléaires neufs et Framatome pour la fourniture de composants de l'îlot nucléaire.



**Soutenir le développement du nucléaire** pour répondre aux objectifs climatiques à l'échelle mondiale. La mise en service en 2018 du premier EPR au monde à Taishan, en Chine, a constitué une étape majeure pour le groupe EDF. Cette technologie, portée par la filière nucléaire française, réunie autour d'EDF, ambitionne de devenir la référence du Nouveau nucléaire : le réacteur a pour atouts de produire une électricité bas carbone avec un niveau inégalé de puissance et de sûreté. Le succès de Taishan, qui récompense quarante ans de coopération entre les ingénieries chinoises et françaises, devrait se poursuivre avec la mise en service de la tranche 2, prévue fin 2019.

« L'EPR 2 est un réacteur pour une utilisation française, proche de l'EPR mais optimisé en termes de coût et de délais de fabrication. L'objectif est d'avoir des EPR constructibles en France pour un coût complet de production d'électricité entre 65 et 70 euros le MWh : moins cher que n'importe quel moyen de production d'énergie fossile, adossé à un prix du carbone que l'on pourrait développer à la même période. »

**Xavier Ursat**  
Directeur exécutif en charge de la Direction ingénierie et projets Nouveau nucléaire d'EDF

Quant à l'expérience accumulée par des centaines d'ingénieurs, elle sert aux projets Flamanville 3 et Hinkley Point C au Royaume-Uni. Cette technologie intéresse, par exemple, les électriciens indiens en quête de moyens de production bas carbone pour à la fois répondre aux besoins croissants du pays et à la forte pollution atmosphérique dans les villes. De fait, l'Inde a prévu de se doter d'une capacité de production nucléaire supplémentaire de 56 GW d'ici à 2040.

Dans un autre registre, le Small Modular Reactor (SMR) est un projet d'avenir sur lequel EDF, TechnicAtome, Naval Group et le CEA travaillent de concert. L'objectif ? Adresser un marché porteur : celui de pays de grande taille comme l'Australie, le Brésil et le Canada avec des régions isolées dépourvues de réseaux électriques robustes. Ce réacteur modulaire et compact d'une puissance de 340 MWe répond notamment aux besoins des primo-accédants tout en assurant une production bas carbone. Il peut aussi alimenter des industries grandes consommatrices d'électricité, situées loin de tout. Produit en série en usine pour réduire les coûts, il est possible d'assembler plusieurs unités sur un même site. Le SMR français respectera toutes les exigences de sûreté par ses dimensions et sa conception. Pendant une durée de sept jours, il pourra ainsi se passer de source de refroidissement externe en cas d'accident.

**Savoir déconstruire.** Pour EDF, la déconstruction est une filière à part entière, s'inscrivant dans les objectifs de responsabilité d'entreprise. Elle contribue à l'inscription de l'entreprise dans l'économie circulaire, la valorisation des ressources issues des déconstructions des différents sites. L'évolution du parc de production d'EDF lui a permis de développer une expertise de premier ordre en matière de déconstruction, en particulier pour ce qui concerne les centrales ayant fonctionné au charbon ou au fioul. Aujourd'hui, cette expertise est déjà partagée pour la mise en œuvre du démantèlement des centrales nucléaires, comme celle de Chooz 1, premier réacteur à eau pressurisée construit en France. L'expérience acquise, en particulier sur l'îlot nucléaire, participera alors à la constitution d'une standardisation, facteur clé du processus industriel de déconstruction. La constitution de cette expertise globale viendra conforter l'acceptation du nucléaire et permettra de construire demain une nouvelle génération de réacteurs.



**58**  
réacteurs  
en exploitation.



La filière nucléaire comporte

2 500 entreprises, dont plus de 80 % de TPE-PME, et 220 000 salariés.

### La filière nucléaire française : un atout pour l'économie et le territoire français

La filière nucléaire est la troisième filière industrielle française, derrière l'aéronautique et l'automobile. Son grand dynamisme à l'exportation et le renouvellement de ses effectifs lui permettent de recruter chaque année et proposer des emplois durables, qualifiés et non délocalisables. Le tissu industriel de ces entreprises, concentré autour des installations historiques des exploitants nucléaires, est réparti sur l'ensemble du territoire français; l'emploi généré profite ainsi à toutes les régions. La France maîtrise l'ensemble de la chaîne de valeur de la production nucléaire, ce qui permet de capter une plus grande proportion des emplois. Un euro investi dans le nucléaire crée jusqu'à trois fois plus d'emplois que dans une autre filière de production d'électricité.

### De nouvelles compétences pour préparer le futur

Le maintien et le renouvellement des compétences de la filière, aussi bien pour les grands donneurs d'ordre que pour les industriels sous-traitants, constituent une condition essentielle de sa pérennité, de sa capacité à exploiter l'outil industriel dans de bonnes conditions – notamment de sûreté –, de sa capacité d'innovation et de développement futur. Le nombre de formations spécialisées a fortement augmenté ces dernières années : près de 70 ont été recensées en France. Le nombre d'ingénieurs spécialisés diplômés par an a ainsi été multiplié par trois en quatre ans. Les formations accueillent de plus en plus d'étudiants étrangers, venus notamment de pays souhaitant accroître leur production d'électricité nucléaire ou accéder à ce mode de production. Les salariés de la filière suivent en moyenne plus de dix jours de formation par an. Celle-ci peut atteindre huit semaines par an pour les opérateurs nucléaires. Le nucléaire est une filière qui sait se renouveler en stabilisant et en faisant grandir ses compétences. Autour des acteurs industriels, la filière nucléaire française inclut donc également des acteurs dont les missions sont de contrôler la mise en œuvre réglementaire, de délivrer des certifications, qualifications et habilitations pour les entreprises et les intervenants, et de former aux compétences prérequis pour intervenir dans les installations.



**En route vers le nucléaire 4.0.** À l'image des industries aéronautique, spatiale et automobile, c'est au tour de la filière nucléaire de prendre le virage du digital. La centrale devient un produit que l'on découpe en systèmes, c'est-à-dire en grands ensembles pour intégrer les interactions : contrôle commande, îlot turbine, source froide, îlot réacteur, évacuation de l'électricité, etc. Le jumeau numérique est un pilier de la digitalisation qui rend possible le fonctionnement en entreprise étendue, c'est-à-dire avec tous les acteurs de la filière nucléaire. Le PLM (Product Lifecycle Management) dote chaque centrale physique d'une centrale virtuelle qui recueille et archive, en temps réel, les opérations, de la conception jusqu'au démantèlement d'un site. C'est ce que le parc existant et le Nouveau nucléaire mettent en œuvre pour travailler en temps réel, de manière transverse et avec des standards homogènes. C'est essentiel pour sécuriser les programmes industriels – Grand carénage, déconstruction et EPR –, pour améliorer la performance des installations et pour fonctionner en entreprise étendue au niveau de toute la filière. Ainsi, avec son programme SWITCH, le Nouveau nucléaire s'est notamment fixé comme objectif de passer de la logique de bases documentaires papier à celle du data-centric, de standardiser et digitaliser tous ses processus et de mettre en œuvre l'ingénierie système.

Déjà présent dans l'éolien et le solaire en Inde, EDF est bien placé pour construire six EPR d'une puissance de 10 GW à Jaïtapur. En se positionnant sur ces trois énergies, l'Inde s'engage nettement dans une production d'électricité bas carbone.

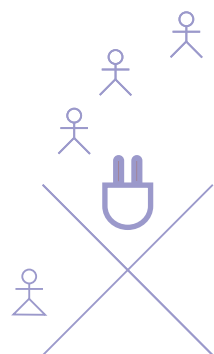
# JAIÏTAPUR

Accompagner l'Inde dans sa transition énergétique

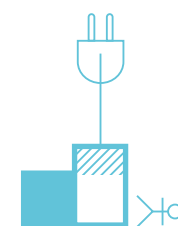


3,287 MILLIONS DE KM<sup>2</sup>

1,3 MILLIARD D'HABITANTS



240 MILLIONS D'INDIENS sans accès à l'électricité.



X3

l'accès à l'électricité depuis 1990.

L'Inde est le troisième plus gros consommateur d'électricité au monde – son usage a triplé depuis 1990 – alors même que plus de 240 millions d'Indiens n'ont pas encore accès à cette énergie. Les besoins en électricité de ce pays de plus de 1,3 milliard d'habitants restent donc considérables. Confrontées à des graves problèmes de pollution atmosphérique dans les villes, les autorités indiennes sont déterminées à remplacer progressivement les centrales au charbon par une production d'électricité bas carbone. Aujourd'hui, le pays change de braquet en visant un mix électrique décarboné à 40 % à l'horizon 2030 alors qu'il a des besoins immédiats et colossaux en énergie. Dans cet objectif, les autorités font le pari des énergies renouvelables et du nucléaire, deux productions d'énergie que le groupe EDF connaît bien.

## Construire le plus puissant site nucléaire au monde.

À l'horizon 2035, l'Inde vise une puissance installée nucléaire de 63 000 MW, soit l'équivalent du parc français, contre 5 780 MW actuellement. Le 14 décembre 2018, EDF, en tant que leader de la filière nucléaire, a remis une offre – à l'énergéticien indien NPCIL pour la fourniture de six EPR sur le site

de Jaïtapur. Si l'offre française est retenue, la centrale fournira de l'électricité à 14 millions de foyers indiens. Avec six réacteurs EPR pour un total de 10 GW, il s'agirait du site nucléaire le plus puissant au monde. Après l'EPR d'Olkiluoto, les deux EPR de Taishan et les deux EPR d'Hinkley Point C, ce serait aussi le quatrième succès pour l'EPR français à l'exportation. EDF assurerait les études d'ingénierie et mettrait à la disposition du futur exploitant toute son expertise en matière d'acceptation du public et de prise en compte des politiques locales d'achat.



« Cet accord est une première victoire qui prouve que nous sommes plus forts ensemble à l'international, c'est-à-dire en filière. L'Inde, qui exploite déjà 22 réacteurs nucléaires, dispose d'un tissu industriel dynamique et solide, qu'EDF pourra accompagner pour l'amener à maîtriser les plus hauts standards industriels et de sûreté propres à l'EPR. »

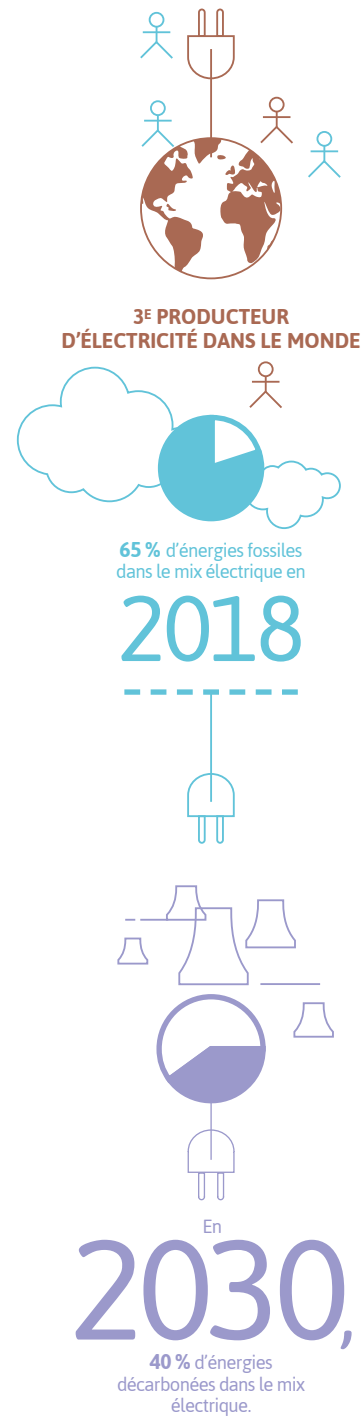
Xavier Ursat  
Directeur exécutif en charge de la Direction ingénierie et projets Nouveau nucléaire d'EDF





« Par la taille de son marché, l'abondance de ses ressources naturelles et sa politique volontariste de soutien des énergies renouvelables, l'Inde est un pays au cœur de la stratégie internationale d'EDF Renouvelables. Nous affichons, à février 2019, un portefeuille de 800 MW de capacités éolienne et solaire brutes en exploitation, en construction ou en développement en Inde. »

**Frédéric Belloy**  
Directeur international EDF Renouvelables



**Substituer progressivement les énergies renouvelables au charbon.** La baisse significative du coût de l'électricité photovoltaïque rend l'énergie solaire compétitive face au charbon. Avec les objectifs respectifs de 100 Gwc et de 60 GW de capacité installée à l'horizon 2022, l'Inde représente un fort potentiel de développement pour les énergies solaires et éoliennes. Déjà bien présent dans les renouvelables en Inde, le groupe EDF exploitait 207 Mwc bruts de capacité solaire

(notamment dans les États d'Uttarakhand et du Madhya Pradesh) et 164 MW bruts de capacité installée éolienne totale, fin 2018. Début 2019, il a remporté un important portefeuille de 300 MW de projets éoliens lors d'un appel d'offres gouvernemental. Il couvrira ainsi les besoins annuels en électricité de 1,3 million d'Indiens.



Entretien

« La question centrale reste celle qui se pose dans toutes les courses contre la montre : sommes-nous capables de nous mobiliser pour y parvenir à temps ? »

---

**Jeffrey Sachs**

Économiste et directeur  
du Réseau de solutions  
pour le développement durable  
de l'ONU, sous les auspices  
du Secrétaire général de l'ONU.

Jeffrey Sachs a également travaillé comme consultant pour de nombreux gouvernements en Amérique du Sud comme en Europe. Son parcours auprès des dirigeants politiques lui permet de porter un regard global sur l'enjeu climatique. « *Nous pouvons résoudre tous les problèmes auxquels nous sommes confrontés* », explique-t-il pour encourager gouvernements et entreprises à passer à l'action le plus rapidement possible.

— Depuis plusieurs années, les populations internationales entendent parler d'accords, d'actions, d'engagements ou d'objectifs face au réchauffement climatique. Pourtant l'urgence demeure voire s'accroît. Comment expliquez-vous ce paradoxe ?

**Jeffrey Sachs.** Plusieurs initiatives significatives ont, en effet, vu le jour pour réduire la consommation d'énergie fossile et évoluer vers un monde sans émissions de carbone. Il serait donc faux de dire que rien ne se fait, que la communauté internationale est restée passive. Le coût des énergies décarbonées ne cesse de baisser, les technologies s'affinent mais nous avançons encore trop lentement. Notre rythme actuel n'est tout simplement pas assez rapide et nous allons dépasser les limites fixées par l'Accord de Paris. Par conséquent, le monde va devenir de plus en plus instable.

— Les objectifs fixés étaient-ils trop ambitieux ?

**J. S.** Non. Et il est impossible de penser en ces termes. Nous devons absolument atteindre les seuils fixés. Nous le devons et le pouvons. Le stade du « zéro émission » en 2050 n'est pas une utopie ou un idéal abstrait. Technologiquement, nous avons les moyens de l'atteindre, économiquement et financièrement. Mais comme je vous le disais, la question centrale reste celle qui se pose dans toutes les courses contre la montre : sommes-nous capables de nous mobiliser pour y parvenir à temps ? Et, aujourd'hui, nous n'allons pas assez vite !

— Si tout le monde s'accorde sur l'urgence, en revanche les avis divergent parfois quant aux moyens, aux scénarios à mettre en œuvre...

**J. S.** Nous connaissons les grands principes d'action qui doivent nous guider vers un monde décarboné, vers une vie sans émissions de CO<sub>2</sub>. Nous savons, par exemple, que le mix énergétique d'avenir doit conjuguer les renouvelables comme l'éolien, l'hydraulique ou le solaire et le nucléaire, avec, en parallèle, de véritables efforts à mener sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Pour les transports, nous devons être capables de sortir d'un système centré sur le moteur à combustion pour utiliser des énergies propres : l'électrique ou l'hydrogène. Il faut se doter de feuilles de route précises. Bien sûr, il y aura des obstacles, des difficultés à affronter, mais le chemin à suivre est clair.



Les gouvernements, partout dans le monde, doivent suivre cette voie et définir des plans énergétiques à moyen et à long terme, sans se soucier des divers groupes de pression. Tout en embarquant un écosystème global dans ce mouvement.

— Qu'est-ce qui pourrait réellement changer la donne ?

**J. S.** Un personnage clé : l'ingénieur. Les experts financiers ou économistes sont nombreux, utiles et incontournables, bien sûr. Mais nous avons, avant toute chose, besoin d'experts conscients des enjeux, capables d'inventer et de mettre en œuvre des solutions efficaces. Seuls ces experts pourront nous dire comment dupliquer certaines solutions et où les implanter selon les contextes locaux. Les économistes comme moi ont leur rôle à jouer pour chiffrer, définir des budgets et pour faire valoir deux arguments essentiels : tout d'abord, expliquer que la transition climatique ne coûte pas forcément cher et, ensuite, convaincre que les investissements d'aujourd'hui, même s'ils ont parfois l'air coûteux, ne sont rien par rapport aux sommes qu'il faudra dépenser pour réparer les ravages du changement climatique. De cette façon, nous pourrions concrétiser les innovations industrielles conçues. Les ingénieurs sont donc en première ligne. Avec un autre personnage capital...

— Lequel ?

**J. S.** Le citoyen ! Nous ! La prise en compte de l'urgence climatique doit primer sur tout. Mais les solutions existent, l'énergie de chacun peut vraiment faire bouger les choses. À nous d'exprimer notre volonté collective, notre désir de voir éclore les solutions. La première énergie vient de notre engagement, des convictions de chacun qui finissent par former une conviction générale.

— Êtes-vous confiant face à l'urgence ?

**J. S.** Qu'il s'agisse du réchauffement climatique, de la pauvreté dans le monde, des risques d'épidémies, nous avons les réponses technologiques et économiques. J'ai parlé avec de nombreux experts, j'ai observé des initiatives et analysé leurs résultats concrets... Les solutions existent et fonctionnent. À nous de choisir l'optimisme d'y croire. Nous avons la possibilité et l'envie de faire le bon choix. Personne ne veut glisser vers le chaos climatique. Donc, oui, je reste confiant.

« À nous  
d'exprimer notre  
volonté collective,  
notre désir  
de voir éclore  
les solutions. »

Jeffrey Sachs

L'hydraulique

# ELDORADO ÉNERGÉTIQUE ?

Premier producteur hydroélectrique en France et dans l'Union européenne, EDF est également un acteur de référence dans le monde avec des centrales hydrauliques en exploitation, en projet et en construction, sur tous les continents. Du mégabarrage à la microcentrale.

Première des énergies renouvelables électriques dans le monde, l'énergie hydraulique a de nombreux atouts. Elle est à la fois flexible, réactive, compétitive, renouvelable et sans émission de CO<sub>2</sub>. Grâce aux retenues d'eau, elle est aujourd'hui la seule énergie permettant de stocker l'électricité en masse. En quelques minutes, l'hydroélectricité peut atteindre sa puissance maximale et injecter une grande quantité d'électricité en cas de besoin sur le réseau pour en assurer la sécurité et maintenir la continuité de l'approvisionnement. De fait, elle est très complémentaire des énergies renouvelables intermittentes que sont l'éolien et le solaire. EDF est le chef de file d'une industrie très performante qui exploite 433 centrales hydroélectriques en France continentale et qui gère 75 % des eaux de surface artificielles en France continentale. À ce titre, EDF assure la gestion partagée de l'eau pour répondre aux besoins des villes, des industriels, des agriculteurs et des acteurs du tourisme. La sûreté des aménagements hydroélectriques est au cœur des préoccupations des hydrauliciens.

**En France, l'histoire de l'hydraulique continue à s'écrire au présent.** Si 95 % du potentiel hydraulique sont actuellement exploités en France, l'hydroélectricité reste une énergie d'avenir, destinée à jouer un rôle clé dans la transition énergétique. L'enjeu pour EDF est d'améliorer les performances de son parc pour en augmenter la puissance et la disponibilité, à l'image de la centrale de **Romanche-Gavet** en Isère. Dans la vallée de la Romanche, près de Grenoble, le chantier de Romanche-Gavet, le plus important en Europe, vise à remplacer six centrales par une seule usine souterraine de 92 MW, plus performante et mieux intégrée à son environnement. La nouvelle usine produira, à terme, 560 GWh/an, soit 30 % de plus que ce que produisent les six centrales actuelles. Pour acheminer l'eau, une galerie de dix kilomètres a été creusée par un immense tunnelier, sous le massif de Belledonne. Au final, la nouvelle centrale



- **+30%** de production hydraulique.
- **560 millions** de kWh par an.
- **230 000** foyers alimentés en électricité.
- **12 mètres** : hauteur du barrage.
- **10 kilomètres** : longueur de la galerie.





- +20%, c'est l'augmentation de la capacité du site avec le nouveau groupe de production.
- 270 000 habitants fournis en électricité.
- 240 MW : puissance de la roue Pelton.

de Romanche-Gavet produira l'équivalent de la consommation de 230 000 foyers en électricité. Plus au Nord, en Savoie, une autre centrale hydraulique, **La Coche**, fait aussi peau neuve. Cette station de transfert d'énergie par pompage (STEP), située dans la vallée de la Tarentaise, est entièrement modernisée. Pour augmenter de 20 % la capacité du site, EDF construit un nouveau groupe de production. Fin 2018, une roue Pelton de 240 MW de puissance, la plus importante en France, a été livrée. Au total, le nouvel aménagement produira 650 GWh par an, de quoi alimenter 270 000 habitants, soit 40 000 personnes supplémentaires. Parce que tous les grands sites sont équipés en France, l'avenir de l'hydraulique se joue aussi avec la petite hydraulique sur laquelle EDF entend bien développer le potentiel et faire valoir son expérience et son souci d'intégration dans l'environnement en associant les parties prenantes locales. Ces centrales d'une puissance inférieure à 12 MW permettent de développer les capacités installées en France. Situées au fil de l'eau, elles alimentent notamment des sites isolés.

**La saga de la grande hydraulique se poursuit sur d'autres continents.** À l'international, le centre d'ingénierie hydraulique accompagne les grands projets du Groupe. Le barrage de **Sinop** au Brésil est dans la dernière ligne droite. Débutés en 2014, les travaux ont été achevés fin 2018. Le remplissage du barrage a commencé en janvier 2019, afin de débiter les essais techniques, préalables au démarrage. C'est le plus grand barrage construit et exploité par EDF ; il alimentera une série d'ouvrages hydroélectriques totalisant une puissance installée de 408 MW. Sinop comprend une usine équipée de deux groupes Kaplan de 200 MW unitaire – les plus gros groupes de cette technologie au monde – ainsi qu'une ligne d'évacuation de 500 kV.

Désormais, c'est vers l'Afrique que les yeux se tournent. Fin 2018, EDF, l'État camerounais et la Banque mondiale ont, en effet, signé les accords pour la construction du barrage hydroélectrique de **Nachtigal**. D'une puissance de 420 MW, cette centrale constitue une priorité nationale pour sécuriser le système électrique du Cameroun en couvrant 30 % de ses besoins énergétiques, soit une production annuelle de près de 3 TWh. La construction du barrage s'accompagnera d'un programme de développement socio-économique pour la région en s'appuyant sur l'expérience d'EDF avec le barrage de Nam Theun 2 au Laos.



- Une puissance installée de 420 MW.
- Une couverture de 30 % des besoins énergétiques du Cameroun.
- Soit une production annuelle de près de 3 TWh.



- Une usine équipée de deux groupes Kaplan de 200 MW unitaire.
- Une ligne d'évacuation de 500 kV.
- Une puissance installée de 408 MW.



**L'HYDRAULIQUE EN 2018**

- +25,4% en 2018. EDF enregistre la meilleure production hydraulique en France (46,5 TWh) depuis 15 ans.
- 433 centrales hydroélectriques.

# LA MER

## Une énergie renouvelable et disponible ?

Si les énergies marines renouvelables sont nombreuses, elles n'ont ni la même maturité technologique, ni le même potentiel d'industrialisation. L'énergie éolienne *offshore* est, sans conteste, la plus adaptée pour produire à grande échelle une électricité bas carbone. Les autres solutions, excepté l'énergie marémotrice possible sur certains sites seulement, restent au stade expérimental.



### La Bretagne, terre expérimentale des énergies marines

Avec ses 2 700 kilomètres de côtes, la Bretagne offre un terrain de jeu idéal pour tester la pertinence des énergies marines. D'autant que la région, en forme de péninsule, dispose de peu de moyens de production, environ 15 % de sa consommation. Usine marémotrice, éolien posé et flottant, hydrolienne, ferme houlomotrice... La Bretagne est un laboratoire grandeur nature. Tout a commencé avec l'usine marémotrice de la Rance, exploitée par EDF. Inaugurée en 1966, cette usine pionnière, d'une puissance installée de 240 MW, alimente annuellement l'équivalent de la consommation en électricité de 225 000 habitants, soit la ville de Rennes. En baie d'Audierne, un projet de démonstrateur de ferme houlomotrice est à l'étude. Trois panneaux oscillant au rythme de la houle devraient être testés pour développer une puissance de 1,5 MW. Aucune expérimentation n'a, pour le moment, débouché sur une exploitation industrielle.

360 millions de km<sup>2</sup> de surface de mer et d'océan.

71 % de la surface de la Terre est couverte d'océan.

### 1. Énergie éolienne *offshore*

L'énergie éolienne *offshore* repose sur l'installation d'éoliennes en mer d'une puissance unitaire pouvant aller jusqu'à 10 MW au large des côtes, là où les vents sont puissants et réguliers. Une génération d'éoliennes flottantes permet de s'affranchir des profondeurs pour s'éloigner des côtes, afin de capter

des vents encore plus puissants. À l'image du projet expérimental de Provence Grand Large qui comporte trois éoliennes flottantes de 8,4 MW. Ce projet comporte des mesures d'impact sur l'avifaune car les survols au-dessus de la Méditerranée sont peu connus. Mise en service à l'horizon 2021.

### 2. Énergie marémotrice

L'énergie marémotrice utilise le différentiel de niveau entre les marées pour produire de l'électricité. L'usine de la Rance en Bretagne est la première usine au monde de ce type.

### 3. Énergie hydrolienne

L'énergie hydrolienne exploite l'énergie cinétique contenue dans les courants lors des marées.

### 4. Énergie houlomotrice

L'énergie houlomotrice utilise l'énergie des vagues et de la houle.

### 5. Énergie thermique des mers

L'énergie thermique des mers consiste à tirer parti de la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans. Un différentiel d'au moins 20 °C est nécessaire pour vaporiser un fluide et faire tourner un turbo-générateur.

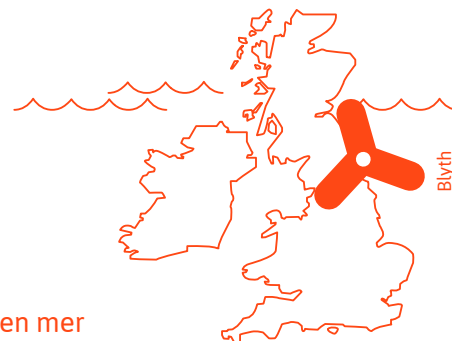
### 6. Énergie osmotique

L'énergie osmotique permet d'exploiter la différence de salinité entre l'eau douce et l'eau de mer, par exemple au voisinage des estuaires, où ces deux types d'eau se mélangent.



- 6 GW d'éolien offshore en développement ou en exploitation dans le monde.
- Plus de 2 GW de projets éoliens en mer en France.
- 10 GW de puissance du parc éolien offshore à l'horizon 2028 dans le projet de PPE.

Source : France Énergie Éolienne.



ROYAUME-UNI

En plein essor, l'éolien en mer démontre aujourd'hui sa compétitivité avec des baisses de coûts significatives, notamment, en France. Au large, les vents sont plus forts et plus réguliers que sur terre. Les éoliennes en mer sont plus puissantes que les éoliennes terrestres selon leurs fabricants : jusqu'à 12 MW l'unité, contre 2 ou 3 MW à terre. Comment favoriser leur essor ?

# BLYTH

## Un parc éolien offshore pionnier



À Blyth au large de Newcastle au Royaume-Uni, le Groupe a inauguré le premier parc offshore d'éoliennes à fondation gravitaire installées par flottage. Il est le premier parc en mer à utiliser ce système de transport pour ses fondations gravitaires. Ces impressionnantes structures, en acier pour la partie haute et en béton pour le corps de flottage, mesurent 60 mètres de haut et pèsent 170 tonnes. Elles ont été acheminées à 7 kilomètres des côtes, tirées derrière un bateau remorqueur. Cette technologie permet de construire les structures dans un port, puis d'optimiser l'installation en réduisant les coûts et les moyens de transport. Le parc pilote de Blyth est composé de cinq turbines d'une puissance unitaire de 8,3 MW. Au total, Blyth totalise une

puissance de 41,5 MW. Au Royaume-Uni, EDF Energy exploite déjà le parc éolien en mer de Teesside, d'une puissance de 62 MW et situé à environ 80 kilomètres des nouvelles installations de Blyth, et le Groupe a acquis en 2018 le projet de parc éolien en mer « Neart na Gaoithe » de 450 MW en Écosse. Ce parc alimentera plus de 375 000 foyers.

Le Groupe a également fait son entrée sur le marché de l'éolien en mer aux États-Unis, pays où le Groupe dispose déjà de positions solides dans les énergies renouvelables. Avec Shell, il investit dans le développement de plusieurs projets offshore au large du New Jersey sur une surface de 74 000 hectares. Cette immense zone, proche des grandes agglomérations,

a un potentiel de production d'environ 2 500 MW, soit l'équivalent de la consommation annuelle en énergie de près d'un million de foyers. En Chine où EDF est déjà présent dans l'éolien terrestre, le nucléaire et les services énergétiques, le Groupe est en négociation pour deux projets offshore de 500 MW en mer de Dongtai au nord de Shanghai.



**La France** dispose du deuxième espace maritime au monde. Le pays porte des ambitions importantes dans le développement de l'éolien en mer. C'est le cas avec Fécamp, Courseulles-sur-Mer et Saint-Nazaire. D'une capacité totale cumulée de près de 1,5 GW, ces trois projets fourniront l'équivalent de la consommation électrique de plus de deux millions de personnes. Ils ont été attribués en 2012 par le gouvernement français au consortium mené par EDF Renouvelables, incluant Éolien Maritime France, société détenue à parité par EDF Renouvelables et Enbridge. Les recours émis ne doivent pas faire oublier le très grand consensus qui existe autour du développement des énergies renouvelables. Déterminants pour l'essor de la filière industrielle française de l'éolien en mer, ces trois projets ont été accompagnés d'une large concertation et d'un travail de terrain menés depuis plus de dix ans aux côtés des acteurs locaux, des services de l'État, des industriels, des associations et des riverains. À Saint-Nazaire, un dialogue permanent a été instauré depuis 2008 avec les professionnels de la pêche, du tourisme, du paysage, de la protection des oiseaux... Une concertation « environnementale » a notamment été menée.



# SAINT-NAZAIRE

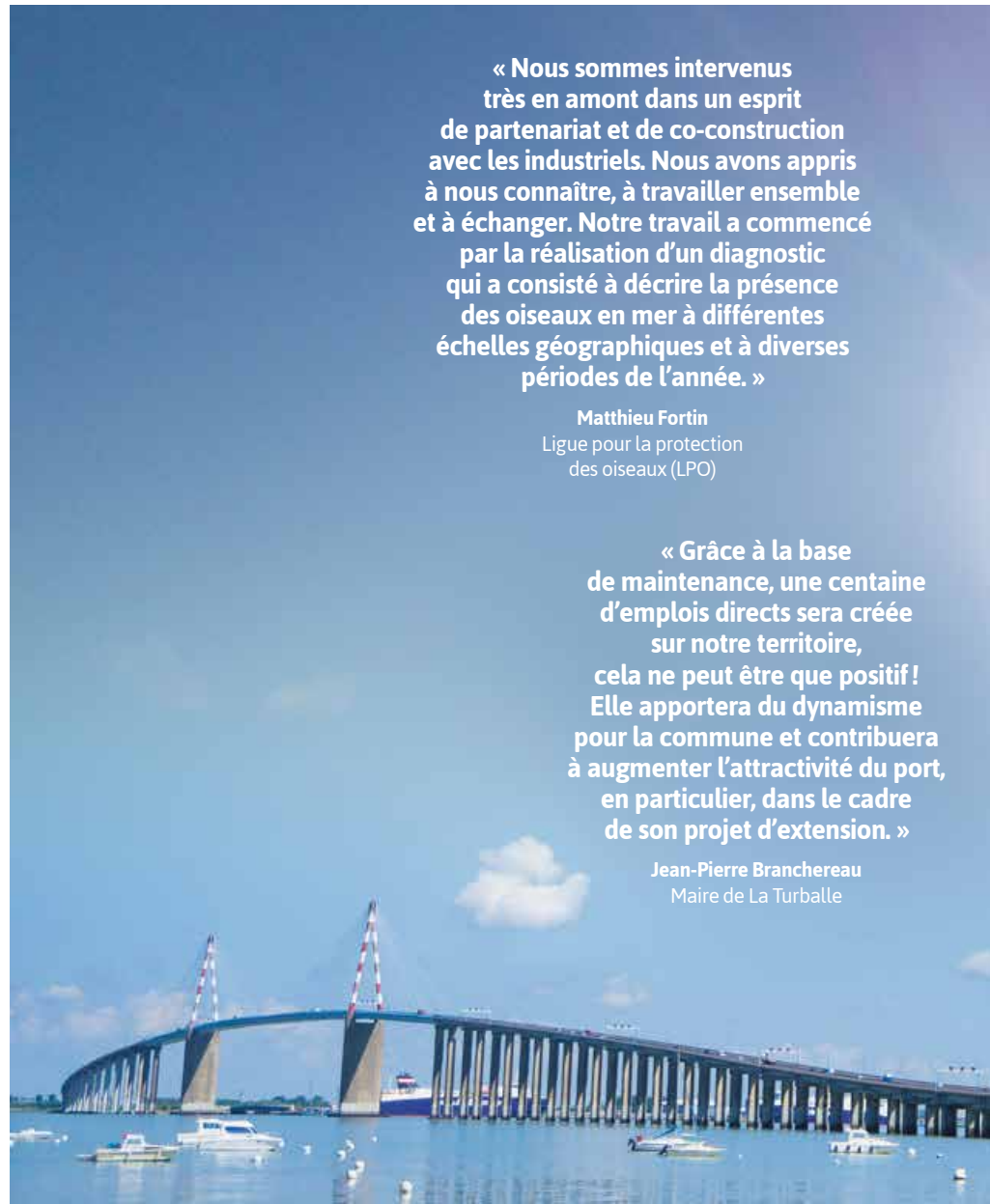
Acceptabilité et concertation

« Nous sommes intervenus très en amont dans un esprit de partenariat et de co-construction avec les industriels. Nous avons appris à nous connaître, à travailler ensemble et à échanger. Notre travail a commencé par la réalisation d'un diagnostic qui a consisté à décrire la présence des oiseaux en mer à différentes échelles géographiques et à diverses périodes de l'année. »

Matthieu Fortin  
Ligue pour la protection des oiseaux (LPO)

« Grâce à la base de maintenance, une centaine d'emplois directs sera créée sur notre territoire, cela ne peut être que positif ! Elle apportera du dynamisme pour la commune et contribuera à augmenter l'attractivité du port, en particulier, dans le cadre de son projet d'extension. »

Jean-Pierre Branchereau  
Maire de La Turballe

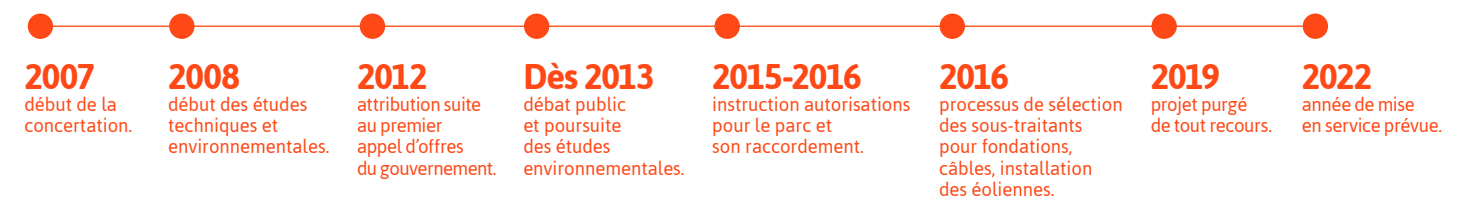


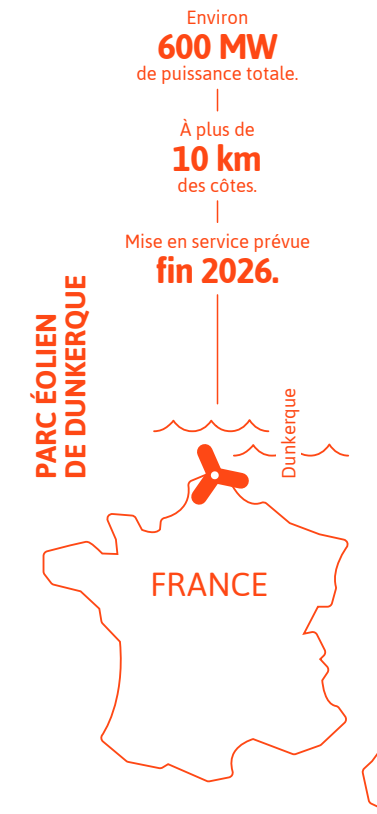
**Une partie des travaux** a porté sur l'impact des éoliennes sur les chauves-souris – les seuls mammifères volants au monde – et les oiseaux de mer. Ils ont été réalisés sur une zone de 100 kilomètres autour et sur le site. Plus de soixante espèces différentes d'oiseaux comme des cormorans, des goélands marins, des mouettes pygmées, des sternes, des plongeurs, des fous de Bassan et des macreuses... ont ainsi été observées à différentes périodes de l'année. L'attention des acteurs

s'est aussi portée sur la préservation du biotope des mammifères marins, des ressources halieutiques et des espèces peuplant les fonds marins potentiellement impactés par ce projet éolien en mer. Pour ne pas gêner le déplacement des espèces animales, ni l'activité des pêcheurs, il a été décidé d'espacer les éoliennes.



## CALENDRIER DU PARC ÉOLIEN DE SAINT-NAZAIRE





« L'attribution du projet de Dunkerque fait du groupe EDF un des leaders de l'éolien en mer en Europe. Elle démontre l'ancrage d'EDF dans les territoires et signe la consolidation de la filière industrielle de l'éolien en mer en France. Grâce notamment à la compétitivité de ce projet, le gouvernement a annoncé sa volonté de doubler les objectifs de l'éolien en mer dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie, ce qui offre de nouvelles opportunités de développement pour EDF et l'ensemble des acteurs du secteur. »

**Bruno Bensasson**  
 Directeur exécutif Groupe d'EDF  
 en charge du Pôle énergies renouvelables  
 et Président-directeur général  
 d'EDF Renouvelables



**Au terme d'un appel d'offres** lancé par les pouvoirs publics, le ministère de la Transition écologique et solidaire a choisi, en juin dernier, le consortium conduit par le groupe EDF, via sa filiale EDF Renouvelables, en partenariat avec les sociétés Innogy et Enbridge, pour assurer la conception, la construction et l'exploitation-maintenance du futur parc éolien en mer de Dunkerque. Situé à plus de 10 kilomètres de la côte, le futur parc éolien en mer de Dunkerque aura une capacité installée de près de 600 MW.

Il fournira l'équivalent d'environ 40% des besoins en électricité du département du Nord. Ce projet se place au cœur du développement économique, industriel, maritime et touristique du Dunkerquois et sera créateur d'emplois sur le territoire. Là encore, la concertation a été engagée avec les acteurs locaux dès la phase d'appel d'offres. Elle va désormais se poursuivre encore plus activement, et les partenaires prévoient la saisine de la Commission nationale du débat public.

À travers ce projet, les énergies renouvelables font aujourd'hui la démonstration de leur compétitivité, avec des prix qui sont proches du prix de marché de l'électricité. Entre 2012 et 2019, le coût de l'éolien en mer a baissé en raison notamment des progrès technologiques, de la structuration de la filière et aussi d'une réglementation améliorée.

# DUNKERQUE

L'éolien en mer démontre sa compétitivité

PUISSANCE

UN POTENTIEL À DÉVELOPPER

# L'ÉOLIEN TERRESTRE MONTE EN

La loi de transition énergétique pour la croissance verte, adoptée en 2015, a fixé des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables à la France. L'énergie éolienne devra passer de 15 GW en 2018 à 34,1 GW en 2028\*. Des objectifs qui intègrent la production de l'éolien terrestre et en mer.



## EN FRANCE

Parcs éoliens terrestres mis en service en 2018

- Espiers (18 MW)
- Guilleville (17,7 MW)
- Clanlieu (13,2 MW)
- Demange-aux-Eaux (19,8 MW)
- Courant-Nachamps (21 MW)

**9874,5 MW**

bruts d'éolien terrestre en exploitation à fin 2018.

Plus de **80** parcs éoliens à fin 2018.

## Près de 100 MW supplémentaires mis en service et 130 MW mis en construction en France en 2018.

Acteur important de l'éolien terrestre dans le monde, EDF Renouvelables poursuit son développement en France et exploite, à fin 2018, plus de 1,5 GW de capacités brutes. Le pays bénéficie du deuxième gisement de vent en Europe avec trois régimes de vents complémentaires qui permettent d'équilibrer l'approvisionnement du réseau électrique. Aujourd'hui, les régions Grand-Est, Hauts-de-France et Occitanie totalisent plus de 60% de la production d'électricité d'origine éolienne nationale. En 2018, six parcs éoliens terrestres ont été mis en service par le groupe EDF en France et plusieurs autres parcs sont en construction.

Localement, chaque projet éolien constitue un levier de croissance économique et de retombées fiscales. Les communes d'implantation d'un parc bénéficient désormais au moins de 20% du montant de l'IFER, l'un des impôts touchant les parcs éoliens, quel que soit le régime fiscal applicable à l'intercommunalité. À titre d'exemple, un parc de quatre éoliennes (12 MW) génère plus de 130 000 euros de retombées fiscales annuelles pour les collectivités. Si les projets génèrent de la valeur localement, ils doivent s'implanter sur des sites appropriés, en étroite concertation avec toutes les parties prenantes et, en particulier, avec

\* Synthèse PPE, ministère de la Transition écologique et solidaire.



DEVELOPPER POUR UNE CROISSANCE VERTE

les collectivités locales, le monde agricole, les associations de préservation de l'environnement et les riverains. C'est la condition de leur acceptabilité et des projets futurs.

**La question du recyclage.** Le recyclage des éoliennes constitue un enjeu clé avec le renouvellement de la première génération d'éoliennes. Aujourd'hui, plus de 97 % de la masse d'une éolienne est réutilisée ou recyclée et les matériaux composites présents notamment dans les pales sont valorisés (valorisation énergétique et matière) comme combustibles solides de récupération (CSR). La loi impose à l'exploitant le démontage des éoliennes et la remise en état du terrain sur lequel elles ont été implantées. Au moment de son démantèlement, les différents composants de l'éolienne sont pris en charge par des filières de valorisation des matériaux, notamment pour le recyclage des différents aciers, les matériaux composites, ou encore le béton des fondations. Les producteurs d'électricité d'origine éolienne ont obligation de prévoir, dès le développement du projet, des garanties financières relatives au démantèlement du parc à hauteur de 50 000 euros par éolienne, ainsi que la remise en état du site. En 2018, EDF a renouvelé l'intégralité du parc éolien d'Eckolstädt en Allemagne. Construit en 1999, ce parc de 11 éoliennes de première génération a été démantelé par sa filiale Reetec.

**PROJETS INTERNATIONAUX**

**BRÉSIL**

- Signature de contrats pour l'extension de deux projets éoliens dans l'État de Bahia (276 MW) : Folha Larga/Ventos de Bahia. Mise en service en 2024.
- Mise en service de la phase 2 du parc éolien de Ventos de Bahia (117 MW).
- Mise en construction du projet Folha Larga (344 MW).

**EUROPE**

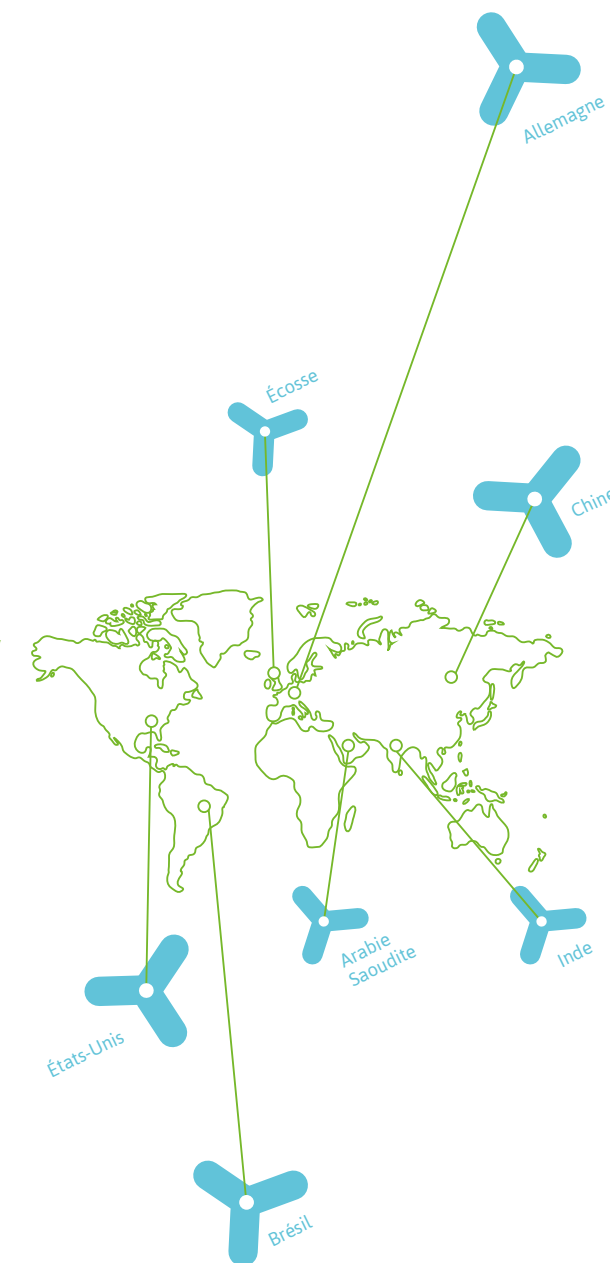
- **Écosse.** Mise en service du parc éolien de Dorenell (177 MW) dans le nord de l'Écosse.
- **Allemagne.** Renouvellement du parc éolien d'Eckolstädt (34,5 MW).

**ÉTATS-UNIS**

- Mise en service du parc éolien de Stoneray dans le sud-ouest du Minnesota. Il générera une production équivalente à la consommation électrique annuelle de 47 000 foyers du Minnesota.
- Mise en service du parc éolien de Copenhagen (80 MW) dans le nord de l'État de New York.
- Acquisition du projet éolien Milligan 1 (300 MW) dans le sud du Nebraska.

**MOYEN-ORIENT/ASIE**

- **Arabie Saoudite.** Gain du projet éolien Dumat Al Jandal, (400 MW).
- **Chine.** Mise en service du parc éolien Feicheng I dans sa totalité et poursuite de la construction du parc éolien Kangping II et III.
- **Inde.** Gain d'un portefeuille de 300 MW qui couvriront les besoins annuels en électricité de plus de 1,3 million d'Indiens.



# TOUR D'HORIZON DES SOLUTIONS RENOUVELABLES

Biomasse, géothermie, thalassothermie...  
Aux côtés de l'éolien et du solaire,  
émergent d'autres énergies renouvelables  
pour offrir aux collectivités locales  
et aux entreprises toute  
la palette des solutions envisageables.

1

## Capter les eaux d'un puits minier pour chauffer et climatiser un écoquartier

Avec la Semag, Dalkia a conçu, a réalisé et exploite un réseau d'énergies renouvelables à Gardanne, dans les Bouches-du-Rhône. Ce réseau intelligent a pour vocation de chauffer et de climatiser les bâtiments actuels et futurs de la zone d'activités du Puits Morandat en utilisant une ressource locale naturelle, les eaux d'ennoyage du plus grand puits minier d'Europe, situé à 1.100 mètres de profondeur. Grâce à la géothermie, c'est un écoquartier de 14 hectares qui est ainsi alimenté.



2

## Valoriser une biomasse perdue pour se chauffer

L'unité de production de chaleur de Surville (Métropole de Lyon) est la plus importante chaufferie biomasse publique de France. Trois chaudières de 17 MW fonctionnent avec de la biomasse locale provenant de bois déchiqueté, de chutes de scierie et de petit bois non valorisable, issu de l'exploitation forestière. Exploitée par Dalkia, la chaufferie évitera le rejet de 44 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Les cendres seront recyclées en forêt, comme fertilisants des sols.

3

## Transférer les calories de la Grande Bleue dans un réseau de chauffage urbain

Pour la Métropole Toulon Provence Méditerranée et la ville de La Seyne-sur-Mer, Dalkia exploite le réseau urbain de la commune de La Seyne-sur-Mer, alimenté à 75 % par une énergie renouvelable locale : la Méditerranée. Le réseau est composé d'une boucle d'eau tempérée qui relie la station d'échange sur eau de mer à des pompes à chaleur, installées au sein des bâtiments raccordés.

4

## Concevoir une chaudière numérique pour chauffer un hôpital

Dalkia et la start-up Tresorio ont inauguré leur première chaudière numérique pilote à l'hôpital de Metz. Dalkia a réalisé la conception et le développement du module thermique permettant une récupération de la chaleur produite par les serveurs informatiques de Tresorio. Cette chaudière est une innovation au cœur de la révolution énergétique et numérique. Elle produit une énergie verte en continu, à la fois compétitive et smart.

5

## Se déplacer avec de l'hydrogène propre

EDF a lancé Hynamics, une nouvelle filiale en charge de proposer une offre d'hydrogène bas carbone performante pour l'industrie et la mobilité. Une énergie d'avenir qui représentera 18 % de la demande en énergie finale dans le monde en 2050. Hynamics a choisi l'électrolyse de l'eau pour produire son hydrogène, une technologie très peu émettrice de CO<sub>2</sub>. L'hydrogène est particulièrement adapté pour les installations industrielles et les flottes de véhicules.



## Potentiel d'amplification de la transition énergétique

# LE STOCKAGE

Le stockage de l'électricité permet le développement d'un monde électrique de plus en plus libre des énergies fossiles. Demain, de nouveaux modes de stockage, liés par exemple à la mobilité électrique, lui donneront une ampleur encore accrue.



Le stockage électrique est au cœur des défis de la transition énergétique, celle d'une énergie totalement décarbonée. Il est au carrefour de nouveaux modes de production d'électricité et de nouveaux usages comme la mobilité électrique, l'autoconsommation photovoltaïque et les objets connectés... Il fait de ces développements des atouts pour avancer vers un monde électrique flexible, s'adaptant aux besoins des clients, et sans carbone. Parce que les besoins de flexibilité sont variés, plusieurs types de stockage sont développés. Si la batterie permet de stocker pour la journée, les grands barrages, et notamment les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), répondent à des besoins de stockage à l'échelle d'une semaine ou d'un mois (par exemple, les grands réservoirs de Serre-Ponçon permettent un stockage intersaisonnier). Ils se combinent avec d'autres leviers de flexibilité, comme la flexibilité des réacteurs nucléaires, qui permet elle aussi de pallier l'intermittence des énergies éolienne et solaire. Il y a donc une vraie complémentarité entre les énergies renouvelables, le nucléaire et le stockage pour satisfaire la demande d'électricité de façon décarbonée et économique.

### Un stockage de plus en plus compétitif

Avec la montée en puissance de l'éolien et du solaire, le développement du stockage est un levier de plus en plus intéressant. Il devient surtout accessible technologiquement et économiquement. En moins de dix ans, le coût des batteries lithium-ion

a, en effet, été divisé par six. Dans ce domaine, EDF est déjà bien positionné avec 5 GW de STEP en France, 12 GW de puissance hydraulique dispatchable et 100 MW de batteries en service à travers le monde, dans les territoires insulaires français, mais aussi au Royaume-Uni et aux États-Unis. Le Groupe est présent sur toutes les technologies matures de stockage de l'électricité : STEP, batteries... et compte une R&D de classe mondiale qui est à la pointe des technologies les plus prometteuses, comme les batteries zinc-air. En 2018, cette dernière a, notamment, lancé un programme de recherche sur le recyclage des batteries en Europe, une question centrale pour demain. Au niveau européen, les lignes bougent également. Début 2019, la France et l'Allemagne ont annoncé le lancement d'un mégaconsortium baptisé « Airbus des batteries ». Doté de quatre à six milliards d'euros et en partie subventionné par l'Europe, ce consortium vise à se faire une place dans le marché de la batterie automobile, largement dominé par l'Asie.

### Ambition internationale

En 2018, le groupe EDF a annoncé qu'il développerait 10 GW de nouvelles capacités de stockage sur la période de 2018 à 2035, qui représentent un investissement total de huit milliards d'euros. Ce plan inédit répond à quatre types de besoin. En grande capacité, le stockage est utilisé pour optimiser la performance et l'équilibre des systèmes électriques. Le plus gros parc de batteries de stockage d'EDF en exploitation de ce type est opérationnel depuis 2018, à West Burton au Royaume-Uni. D'une capacité de 49 MW, il permet d'équilibrer la demande et d'ajuster la fréquence sur le réseau, dans un contexte de fort développement de la production d'énergies renouvelables et de fermeture des moyens de production vieillissants au Royaume-Uni. Pour alimenter en électricité les régions isolées et les îles, EDF développe des micro-réseaux innovants qui associent production d'énergies renouvelables, système de stockage et de pilotage à distance. C'est dans cette optique que, fin 2018, le groupe EDF a mis en service à Singapour le démonstrateur MASERA avec Nanyang Technological University, destiné aux habitants des zones insulaires du Sud-Est asiatique.

Le stockage de l'électricité répond également à des besoins individuels pour les particuliers, les entreprises et les collectivités. À l'image des offres d'autoconsommation *Mon Soleil* et *Moi* associant panneaux photovoltaïques et batteries qu'EDF propose en France. Dans les pays en développement dépourvus de réseau électrique (plus d'un milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'électricité et 50% d'entre elles se trouvent en Afrique subsaharienne), le stockage facilite l'accès à l'électricité avec des solutions *off grid*. En Afrique, le groupe EDF et ses partenaires installent et assurent ainsi la maintenance de kits solaires (panneaux solaires adossés à des batteries) à destination de foyers ruraux et périurbains.

**10 GW**  
de nouvelles capacités  
d'ici à 2035.

Près de  
**100 MW**  
supplémentaires ont été mis  
en service en France en 2018.





Entretien

« Nous devons transmettre une véritable culture de l'énergie, réduire au maximum l'utilisation du charbon, passer à d'autres énergies moins émettrices de CO<sub>2</sub>. »

---

**Jean-Louis Étienne**

Tourneur-fraiseur, médecin, explorateur, premier homme à avoir atteint le pôle Nord en solitaire.

Jean-Louis Étienne a eu plusieurs vies et toutes ont été animées par son engagement pour la préservation de la planète. Aujourd'hui encore, lancé dans un projet novateur, il conjugue réflexion, action avec une énergie évidente. Lors de cet entretien, c'est d'ailleurs lui qui pose la première question.

**Jean-Louis Étienne.** Vous savez pourquoi il n'y a pas de prise de conscience à la hauteur de l'enjeu climatique ?

— Non.

**J.-L. É.** Parce qu'on en a fait un sujet de conversation comme un autre. Que se disent deux personnes quand elles se rencontrent dans la rue ? « Bonjour, ça va ? Il fait beau » ou « Sale temps, ce matin ». Les deux piliers de la vie sociale sont là : la santé et la météo. Aujourd'hui, on ajoute « le climat se réchauffe, c'est affreux ». L'ennemi est invisible, personne ne voit à l'œil nu le CO<sub>2</sub> dans l'air. Le réchauffement climatique devient donc un sujet de conversation presque banal. Pourtant, nous entrons dans la phase des vraies complications. La planète s'est réchauffée de 1 °C en un siècle, comme un malade atteint d'une fièvre chronique. Nous devons la soigner, la guérir.

— Comment peut-on faire ressortir ce degré d'urgence, passer à une prise de conscience plus forte ?

**J.-L. É.** Il me semble essentiel de formuler et de transmettre une véritable culture de l'énergie. Nous prenons les différentes énergies comme un acquis, qui se manifeste par magie dès que nous actionnons un bouton. Pourtant, elles viennent bien de quelque part, elles demandent des savoir-faire, des connaissances techniques... Il s'agit d'un bien précieux et nous devons garder cette notion à l'esprit pour bien cerner les enjeux actuels. C'est d'autant plus important que l'homme sait, depuis la découverte du trou dans la couche d'ozone, qu'il a une influence sur la composition de l'atmosphère, donc qu'il peut modifier le climat. Quand vous prélevez des échantillons de glace au pôle Sud, vous observez que la Terre possède une vie propre, elle se réchauffe, se refroidit... Mais depuis 150 ans, avec le début de l'ère industrielle et de l'utilisation intensive du charbon, la température augmente progressivement. C'est une responsabilité énorme pour l'humanité et nous devons l'assumer pour pouvoir passer à l'action. Une meilleure compréhension, une vraie culture de l'énergie peuvent y contribuer. Mon dernier projet, Polar Pod, s'inscrit dans cet esprit de pédagogie : il s'agit de collecter un maximum d'informations sur l'océan Austral, situé autour de l'Antarctique et qui est le principal puits de carbone océanique de la planète. Nous voulons comprendre son fonctionnement, ses particularismes.

— Quelles sont, selon vous, les actions prioritaires à mener ?

**J.-L. É.** Tout d'abord, réduire au maximum l'utilisation du charbon. C'est un point absolument déterminant qui sera accompagné par le passage à d'autres énergies moins émettrices de CO<sub>2</sub> comme les énergies renouvelables.

— Mais n'est-ce pas une vision de pays « riches » ? Les pays émergents ont besoin du charbon pour mener à bien leur développement ?

**J.-L. É.** Cette opposition me paraît de plus en plus artificielle. La Chine, par exemple, est consciente des enjeux et évolue rapidement en matière environnementale. Et au lieu de renvoyer deux modèles dos à dos, il est possible de penser en termes de coopération, de partage de nos savoir-faire, comme notre expérience dans le nucléaire avec des pays en développement.

— Les énergies renouvelables suscitent à la fois des espoirs mais aussi des interrogations. Comment voyez-vous leur développement futur ?

**J.-L. É.** Il s'agit d'un point essentiel pour l'énergie de demain mais certains mots, certains slogans ont, à mon avis, biaisé la vision du public. Quand on entend, par exemple, « en 2050, nous serons passés au tout renouvelable », c'est faux et contre-productif ! Le vent et le Soleil ne sont pas constants et réguliers et ont une trop faible densité énergétique. Pour faire fonctionner le métro d'une ville comme Paris, il faudrait 400 éoliennes de 2 MW et un vent de 20 km/h permanent. Inenvisageable. Mais il serait tout aussi faux de tomber dans l'excès inverse et de dire « le renouvelable ne sert à rien ». Bien au contraire, ce type d'énergie représente une solution très efficace à une échelle plus réduite, comme la consommation personnelle ou celle d'une commune, d'une petite agglomération. Avec le solaire photovoltaïque ou thermique, sous-exploité aujourd'hui, et l'éolien, nous pouvons obtenir des résultats très concrets. Mais, je voudrais insister de nouveau sur l'importance de la culture de l'énergie : tout le monde vante les bienfaits du renouvelable, mais personne ne veut voir d'éolienne près de chez soi. Là encore, il me paraît décisif de bien présenter les enjeux énergétiques globaux pour parvenir à une adhésion de la population. C'est capital, surtout pour les énergies renouvelables. Elles ont besoin de la participation, de la motivation de chacun. Isoler sa maison, installer des panneaux photovoltaïques..., ce sont des décisions individuelles. Encore faut-il en saisir l'utilité, la véritable portée pour se lancer. Ce message me semble d'ailleurs être l'un des plus importants aujourd'hui.

— Pourquoi ?

**J.-L. É.** Parce que pour faire éclore des solutions, il est important que chacun soit efficace dans sa zone d'influence, personnelle et professionnelle. Nous avons tous une action concrète à mener, un message à faire passer, des proches à sensibiliser.

**« Il est décisif de bien présenter les enjeux énergétiques globaux pour parvenir à une adhésion de la population. Les énergies renouvelables ont besoin de la participation, de la motivation de chacun. »**

Jean-Louis Étienne



# LE SOLEIL UN POTENTIEL ENCORE SOUS-EXPLOITÉ

L'énergie solaire se développe à grande vitesse et son potentiel reste encore sous-exploité dans le monde. Longtemps cantonnée aux sites isolés, cette énergie passe à l'heure des grandes fermes solaires.

**Une ambition internationale.** Comme le vent, le Soleil est une énergie renouvelable. Elle peut être soit raccordée au réseau électrique, soit consommée sur place. Comme toutes les énergies renouvelables, le solaire connaît un fort développement en raison de la forte baisse des coûts des panneaux photovoltaïques. Des gisements d'économies sont encore possibles en améliorant les processus industriels et en innovant. Aujourd'hui, le solaire est le second axe de développement d'EDF dans les énergies renouvelables. Pour la première fois, les mises en service ont dépassé celles de l'éolien en 2018. Avec 880,5 MW, elles ont représenté 54% du total des mises en service. À l'international, le Groupe a développé plusieurs grands projets, tout particulièrement, au Brésil, avec la mise en service de Pirapora II; au Chili, avec Santiago Solar près de la capitale; aux États-Unis, avec la construction des centrales solaires de Valentine Solar et de Maverick 2 et 3; et cinq projets solaires d'une puissance de 310 MWc en Floride. En Israël, EDF Renouvelables a franchi un palier avec l'entrée en fonction de cinq centrales solaires photovoltaïques dans le désert du Néguev totalisant 101 MWc de capacité installée. Avec ces nouvelles centrales, le Groupe exploite plus de 25% des capacités renouvelables, installées dans le pays. Acteur intégré, EDF assure l'exploitation et la maintenance pour la plupart de ses propres installations solaires ainsi que pour le compte de tiers.

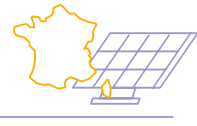


20 000 HECTARES de surface foncière à sécuriser pour la réussite du Plan solaire.

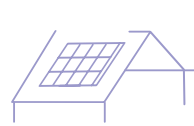
30% de part de marché, visée par EDF dans la filière photovoltaïque française en 2035.



8 GW de capacité solaire française en 2018.



Plus de 19 000 installations photovoltaïques ont été raccordées en autoconsommation en 2018.



230,4 MW bruts installés de solaire en France fin 2018.

La PPE a fixé entre 35,6 ET 44,5 GW de puissance installée de solaire en 2028.



### Mégaparc au pays de l'or noir

En Arabie Saoudite, les autorités investissent dans l'après-pétrole. EDF réalise la première des trois tranches du projet d'une mégacentrale solaire, développée par le consortium Masdar. En 2020, le parc solaire Mohammed bin Rashid Al Maktoum – le plus grand au monde – déploiera 800 MW (1 GWc). Ce mégaparc comptera plus de trois millions de panneaux solaires, répartis sur une surface de 16 km<sup>2</sup>. Il sera à l'image du parc photovoltaïque géant de Catalina Solar de Rosamond en Californie, représenté sur l'image de gauche.

**Le Plan solaire.** Si l'énergie solaire accuse un retard en France en regard de ses voisins européens, les lignes bougent. Avec la baisse sensible des prix des panneaux photovoltaïques, le Plan solaire d'EDF et le projet de PPE qui anticipe la multiplication par quatre ou cinq du photovoltaïque d'ici à 2028. Entre 2020 et 2024, le projet de PPE prévoit de lancer annuellement une dizaine d'appels d'offres au rythme de 2 GWc par an pour le solaire au sol et de 900 MWc pour le solaire sur bâtiment. Pour EDF, ce volontarisme est l'opportunité de donner au solaire toute la place qu'il mérite dans un pays qui offre le cinquième potentiel d'ensoleillement d'Europe. Lancé en 2018, le Plan solaire d'EDF ambitionne de détenir 30% des parts de marché en France entre 2020 et 2035, soit 30 GW à cet horizon. Pour relever ce défi, le Groupe s'appuie sur son expertise reconnue dans le développement, la construction et l'opération-maintenance de grandes centrales solaires mais aussi son engagement dans le dialogue et la concertation, car le Plan solaire se fera avec les acteurs des territoires. Un an après le lancement du Plan solaire, la dynamique est engagée avec plus de 100 MWc gagnés au premier semestre de cette année, plus de 400 MW en développement avancé, et plusieurs milliers d'hectares de foncier sécurisé.

Côté construction, plusieurs mises en service de centrales ont été faites comme celle du Fouilloux en Charente-Maritime (septembre 2018) ou encore de Saint-Pargoire dans l'Hérault. D'autres sont entrées en construction à l'image d'Aramon dans le Gard et de Toucan 2 en Guyane. Pour accélérer son développement, EDF Renouvelables a fait l'acquisition du groupe Luxel. À la clé : 1 GW de capacités en France dont des projets prêts à construire, en développement et 90 MWc en exploitation.

« En France, l'introduction d'une bonification de trois euros par mégawattheure dans les appels d'offres CRE\*, pour les projets solaires qui prévoient une part de financement participatif, a contribué à l'essor du marché pour les énergies renouvelables. »

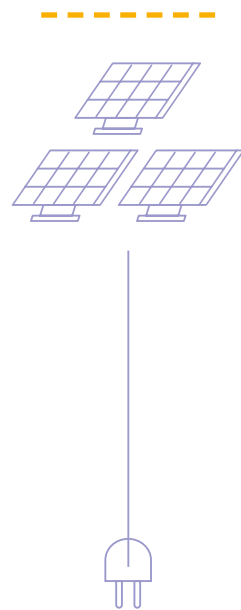
Alexandre Lévy  
Directeur de projets d'investissement  
chez EDF Renouvelables

\* Commission de régulation de l'énergie.

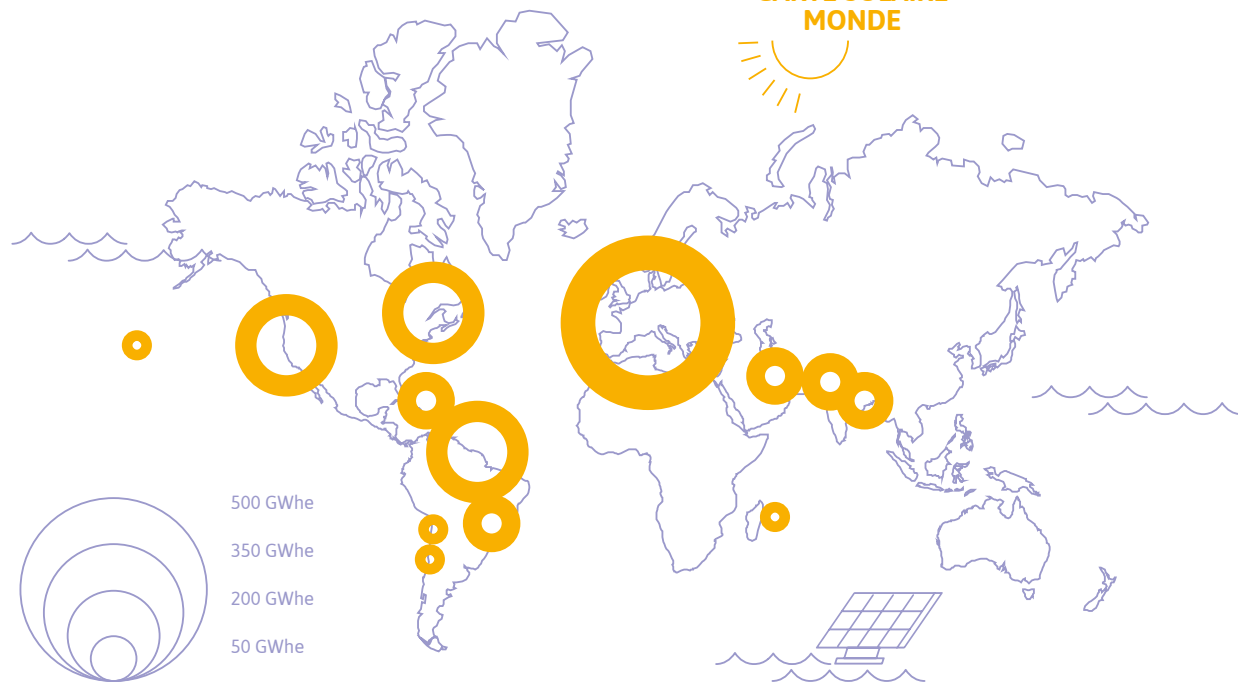
◆ Le Soleil, un potentiel encore sous-exploité



**0,9 GW**  
de solaire mis  
en service en 2018  
dans le monde.



**CARTE SOLAIRE MONDE**



**Le foncier à la base des projets.** Dans un contexte de pression foncière et pour ne pas artificialiser les sols, EDF privilégie les friches industrielles, les anciennes carrières, les zones polluées, le solaire en toiture et les étendues d'eau. Pour amplifier ce mouvement, le Groupe utilise aussi certaines innovations technologiques comme les panneaux bifaces et les installations de PV flottantes. En 2018, EDF a remporté l'appel d'offres de son premier projet PV flottant (19,1 MWc) sur la retenue de Lazer en Hautes-Alpes. Les panneaux solaires seront installés sur 24 hectares recouvrant les trois quarts de la surface de la retenue qui elle-même alimente une usine hydroélectrique. Moins inclinés pour éviter la prise au vent, ces panneaux, posés sur des flotteurs, compensent ce handicap d'inclinaison par leur proximité avec l'eau car cette dernière augmente leur rendement en les refroidissant.

**Quel financement pour développer le solaire ?**

Le budget estimé pour financer le Plan solaire est de 25 milliards d'euros. Il sera majoritairement financé par des fonds propres, partenariaux et bancaires. Autre source de financement, le financement participatif : en 2018, EDF a réalisé avec succès deux campagnes de financement participatif pour les projets solaires de Saint-Pargoire (Hérault) et d'Aramon (Gard). Pour ce dernier, construit à la place d'une ancienne centrale thermique, 200 000 euros ont été collectés auprès de 78 souscripteurs locaux mais cela reste une part minoritaire dans le coût total de ces projets. Réservées aux riverains d'un périmètre restreint, elles facilitent l'engagement des habitants en faveur du climat et de l'économie locale tout en bénéficiant d'un cadre fiscal favorable et de rendements élevés. Fort de ce succès, le Groupe va déployer 6 nouvelles campagnes, d'ici à 2020.

**ÇA CHANGE TOUT**  
Des revues sur les grands enjeux  
de la transition énergétique.



Revue n° 1 – juillet 2019



Revue n° 2 – à paraître  
en octobre 2019



Des plateaux radio pour explorer et questionner les grands bouleversements à l'œuvre, à l'heure du défi climatique, avec deux invités : Marie-Claire Aoun, géopoliticienne de l'énergie, et Jean-Louis Étienne, médecin explorateur.

Des interviews avec des personnalités, experts... qui « changent tout ».

Des solutions bas carbone à découvrir sur [edf.fr](http://edf.fr)



**Revue n° 1 – juillet 2019** Conception éditoriale : Direction de la Communication. Conception-réalisation : HAVAS PARIS. Dépôt légal : ISSN en attente. Rédaction : Antoine Blachez. Illustrations : Satoshi Hashimoto – Dutch Uncle. Crédits photographiques : © William Alix (p. 24, 25, 26), © BETC (p. 53), © CAPA/Alexandre Dupeyron (p. 4, 5, 7, 48, 49, 51), © EDF/DR Médiathèque (p. 21, 37), © EDF/Denis Allard (p. 14), © EDF/Marc Caraveo (p. 15), © EDF/Aurélien Chauvaud (p. 34), © EDF/Bruno Conty (p. 23), © EDF/Patrice Dhumes (p. 15), © EDF/Teun van den Dries – Shutterstock (p. 34), © EDF/Philippe Eranian (p. 16, 17, 35, 39, 55, 56, 4e de couverture), © EDF/Christophe Huret (p. 29, 30), © EDF/L8 FILMES (p. 31), © EDF/Rudy Lamboy (p. 12, 16, 17, 41), © EDF/Alexis Morin (p. 12, 13, 16), © EDF/Thierry Mouret (p. 33), © EDF/Guillaume Murat (p. 18, 44), © EDF/Olena Mykhaylova – Shutterstock (p. 52), © EDF/Frédéric Neema (p. 54), © EDF/Franck Oddoux (p. 30), © EDF/Xavier Popy (p. 19, 28, 31, 4e de couverture), © EDF/David Queyrel (p. 17, 44, 45), © EDF/Thierry Renavand (p. 30), © EDF/Jon Sanchez (p. 31), © Getty Images : Yuri Arcurs (p. 6), Swapnil Bapat – EyeEm (p. 22), Katarzyna Białasiewicz (p. 45), Hero Images (p. 37), Valéry Ingelbert – EyeEm (p. 36), Instants (p.20, 21), Mint Images (p. 38), Simon McGill (p. 45), Alex Telfer – Luxy Images (p. 38), Ozturk (p. 42), Puneet Vikram Singh (p.23), Peter Zelei Images (p.23).



## Défi climatique et temps long industriel sont-ils compatibles ?

Pour Jean Jouzel, climatologue et prix Nobel de la paix pour ses travaux au GIEC, la transition vers une société plus sobre d'un point de vue énergétique est inéluctable. Et urgente :

« Nous devons tout mettre en œuvre pour limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C ». Pour y arriver, la Programmation pluriannuelle de l'énergie fixe un objectif ambitieux de neutralité carbone en 2050. Le Nouveau nucléaire d'EDF a un rôle majeur à jouer et est une solution d'avenir pour préserver la sécurité d'approvisionnement électrique du pays.

P. 04

## L'urgence climatique nécessite l'engagement de tous les acteurs.

L'économiste et directeur du Réseau de solutions pour le développement durable de l'ONU, Jeffrey Sachs, le souligne :

« La question centrale reste celle qui se pose dans toutes les courses contre la montre : sommes-nous tous capables de nous mobiliser pour y parvenir à temps ? » Des réponses technologiques et économiques performantes existent déjà, et l'essor des énergies renouvelables en fait la preuve tous les jours : hydraulique, énergies marines, éolien terrestre ou offshore, biomasse, hydrogène...

Mais pour donner tout leur potentiel à ces énergies, deux sujets restent clés : le développement de solutions de stockage efficaces et leur acceptabilité.

P. 24

## Afin d'impulser un véritable changement, nous devons transmettre une culture de l'énergie.

Pour faire comprendre que nous avons tous une action concrète à mener. C'est ce que nous dit Jean-Louis Étienne, médecin et explorateur, grand spécialiste des Pôles : « Les énergies renouvelables ont besoin de la participation et de la motivation de chacun. » Le solaire photovoltaïque ou thermique, encore sous-exploité aujourd'hui, fait partie des solutions d'avenir, capables de nous permettre d'obtenir des résultats très concrets. Une vision partagée par EDF et traduite dans son Plan solaire.

P. 48



EDF  
22-30, avenue de Wagram  
75382 Paris Cedex 08 – France

SA au capital de 1 525 484 813 euros  
552 081 317 RCS Paris

[www.edf.fr](http://www.edf.fr)