



La longue marche vers une énergie bas carbone

Avec un taux d'électrification à 87%, l'électricité est entrée dans la vie quotidienne de la grande majorité des habitants de la planète. La production d'électricité et de chaleur joue un rôle central dans l'amélioration des conditions de vie et du développement économique mais elle est aussi responsable de près du quart des émissions de gaz à effet de serre anthropiques. La baisse des émissions de ce secteur est donc un enjeu majeur pour limiter l'ampleur du réchauffement climatique.

Rédacteur principal • **THIBAUT LACONDE** • *Consultant, Energie & Développement*
en collaboration avec • **GERMÁN BERSALLI** • *Chercheur, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRA, Grenoble INP, GAEL*

SOMMAIRE

1 • DES ÉMISSIONS TIRÉES VERS LE HAUT PAR LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

- Évolution des émissions
- Une demande d'électricité qui reste croissante
- Évolution du mix électrique

2 • TENDANCE DES POLITIQUES MONDIALES

- En 2016, l'électricité est devenue le premier destinataire des subventions aux énergies fossiles
- Politiques en faveur des renouvelables

3 • LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ET LEUR ENVIRONNEMENT

- Des acteurs traditionnels en difficulté
- Montée en puissance de nouveaux acteurs et de nouvelles solutions

4 • L'ÉCHELON LOCAL : ACTEUR CRUCIAL DE LA TRANSITION

- Les collectivités, complémentaires des États et innovantes
 - La société civile se réapproprie l'électricité
-



1 • DES ÉMISSIONS TIRÉES VERS LE HAUT PAR LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ

Après une légère baisse en 2015, les émissions mondiales de CO₂ dans le secteur de l'électricité et du chauffage urbain sont reparties à la hausse en 2016 avec une augmentation de 0,4% soit 44 millions de tonnes de CO₂. Des données préliminaires pour 2017 indiquent que la hausse s'est accélérée l'année dernière : au sein du G20, qui était responsable de 80% des émissions du secteur en 2016, les émissions ont augmenté de 1,9% en 2017 (Enerdata).

• **ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS** • Les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de chaleur et d'électricité ont progressé en moyenne de 1,1% par an au cours des 10 dernières années. Elles atteignent 11,5 milliards de tonnes équivalent CO₂ en 2016, soit environ un quart des émissions mondiales.

Ces émissions sont très inégalement réparties : les 6 premiers émetteurs de la planète - Chine, États-Unis, Union Européenne, Inde, Russie et Japon - sont responsables de 70% des émissions mondiales. Au sein de ces différents ensembles même, les émissions connaissent des évolutions divergentes : une tendance à la baisse dans l'Union Européenne et aux États Unis, mais une augmentation en Inde et en Chine et une stagnation des émissions en Russie. Le Japon quant à lui a connu un pic d'émissions en 2012 et en 2013 dû à l'augmentation de la production d'électricité thermique à la suite de l'accident de Fukushima et de l'arrêt de son parc nucléaire.

Ces dynamiques différentes entraînent un bouleversement dans les rapports de force à l'échelle mondiale : l'Amérique du Nord, dont le secteur électrique était historiquement le plus émetteur, a été dépassé par l'Asie en 2000. L'OCDE a été rattrapée par les pays hors OCDE en 2005... Aujourd'hui l'Inde et la Chine sont de très loin les premiers émetteurs et l'écart devrait s'accroître dans les années à venir.

TABLEAU 1 - ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (MTCO₂EQ) DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR

(source : Enerdata)

	2005	2010	2016	2017
Monde	9638	10910	11591	n.a.
Chine	2167,2	3077,7	3731,2	3890,0
États-Unis	2439,4	2267,3	1812,6	1745,4
Union Européenne	1294,5	1175,3	948,9	n.a.
Inde	494,7	676,2	946,7	974,9
Russie	530,6	544,9	535,3	534,1
Allemagne	305,5	288,8	273,7	264,9
Afrique du Sud	200,0	233,2	231,0	232,9
Arabie Saoudite	108,1	142,6	158,0	159,8
Indonésie	71,4	92,9	136,8	146,1
Canada	119,9	101,5	83,4	85,6
Grande Bretagne	171,9	152,0	73,2	64,1
Brésil	20,7	26,4	44,8	47,8
France	37,4	42,6	22,4	26,8
Maroc	15,7	15,6	22,0	n.a.
Colombie	5,85	9,80	11,84	5,3
Nouvelle Zélande	8,82	5,31	2,99	3,6
Kenya	1,50	2,08	1,13	n.a.
Fidji	0,275	0,334	0,342	n.a.
Islande	0,003	0,003	0,002	n.a.
Ethiopie	0,010	0,055	0,002	n.a.

• **UNE DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ QUI RESTE CROISSANTE** • Ces évolutions sont déterminées par deux variables fondamentales : la demande d'électricité et de chaleur et leur intensité carbone.

En 2017, la consommation d'électricité a augmenté de 2,8% par rapport à l'année précédente. Cette hausse est comparable à celle enregistrée au cours de la décennie 2006-2016 : 2,7% par an en moyenne (BP Statistical Review, 2018). Dans le même temps, la population mondiale a augmenté de 1,2% par an, ce qui implique une augmentation nette de la consommation d'électricité par habitant de plus de 1% par an.

Cette augmentation s'explique par les progrès de l'électrification : entre 2006 et 2017, la part de la population mondiale qui a accès à l'électricité est passée de 81,2% à 87,4%. Cela signifie qu'en 2017 comparé à 2006, 1,2 milliards d'êtres humains supplémentaires consomment de l'électricité.

Organiser l'électrification privée

Historiquement l'électrification s'est faite par l'accès via un réseau électrique national ou régional à une production d'électricité centralisée. Cette approche, très intensive en capital, est souvent lente à se mettre en place et nécessite en général un fort soutien public. Les énergies renouvelables permettent désormais la création de petites installations grâce auxquelles il est possible de produire de l'électricité à l'échelle d'un foyer (lanterne solaire, solar home system...) ou d'une localité (micro-grid alimenté par une installation solaire ou une micro-turbine hydraulique, par exemple) sans attendre l'arrivée du réseau électrique.

Ces systèmes sont en général peu émetteurs de gaz à effet de serre mais surtout ils permettent à des particuliers ou à de petites organisations d'investir eux-mêmes pour produire leur électricité. De plus, ils peuvent souvent être conçus et installés par des entreprises locales avec des compétences techniques et un équipement bien plus limités que ceux nécessaires pour l'électrification conventionnelle. En contrepartie de nouveaux problèmes se posent, notamment pour assurer la qualité du matériel et des installations. Ces problèmes se rencontrent par exemple avec le développement du solaire en Zambie : le matériel importé est souvent de qualité médiocre, les revendeurs conseillent mal les utilisateurs et les compétences manquent pour l'installation et l'entretien des systèmes solaires. Pour limiter ces risques sans entraver l'initiative privée, la commission de régulation de l'énergie de Zambie a mis en place un système de licence pour les importateurs et les installateurs de matériel solaire. Un code de bonnes pratiques a été mis au point en collaboration avec les entreprises du secteur et le bureau zambien de standardisation et une formation certifiante a été créée pour les techniciens.

Source : Energy regulation board of zambia

ENCADRÉ 1

En raison de la progression du taux d'électrification et d'une natalité élevée, la croissance la plus rapide de la consommation d'électricité se trouve dans des pays ayant un faible niveau de développement économique. Elle dépasse ainsi 11% au Cambodge, en Haïti, en Ethiopie, au Myanmar, au Laos, au Mali, au Cap-Vert, au Soudan ou en Côte d'Ivoire. La consommation de ces pays est cependant très faible en valeur absolue.

Dans les pays émergents et industrialisés, l'augmentation de la consommation d'électricité est avant tout liée à la croissance économique. En Chine, la consommation d'électricité a cru de 6% en 2017 presque au même rythme que le produit intérieur brut (7%). En 10 ans, la production



d'électricité chinoise a doublé.

En Inde, les deux phénomènes se combinent : la croissance de la demande d'électricité a dépassé 12% en 2017, bien plus que la croissance de 7% de l'activité économique. Cette différence s'explique par les progrès réalisés dans l'accès à l'électricité, avec l'électrification d'un demi-milliard de personnes depuis 2000 et un taux d'accès qui a presque doublé pour atteindre 82% de la population, contre 43% en 2000 (OCDE/IEA, 2018).

Ensemble, la Chine et l'Inde ont représenté 70% de la croissance de la demande mondiale d'électricité, 10% provenant d'autres économies émergentes d'Asie.

Même si l'électricité tend à acquérir de nouveaux usages (mobilité, chauffage...), ce qui peut tirer la consommation vers le haut même dans les économies matures, les pays développés ne sont à l'origine que de 10% de la croissance de la consommation mondiale avec un taux de croissance de la demande inférieur à 1% en moyenne. Aux États-Unis, la demande d'électricité a diminué de près de 80 TWh en 2017 par rapport à 2016. Dans l'Union Européenne, la croissance de la demande de 2,3% (ou 75 TWh) est égale à la croissance économique. La demande d'électricité au Japon a également augmenté d'environ 15 TWh (OCDE/IEA, 2018).

Rappelons cependant que les écarts de consommation par habitant entre les différents pays restent très significatifs. Ainsi, la consommation d'électricité par habitant de l'Inde représente seulement 7,5% de celle des États-Unis (ENERDATA, 2017).

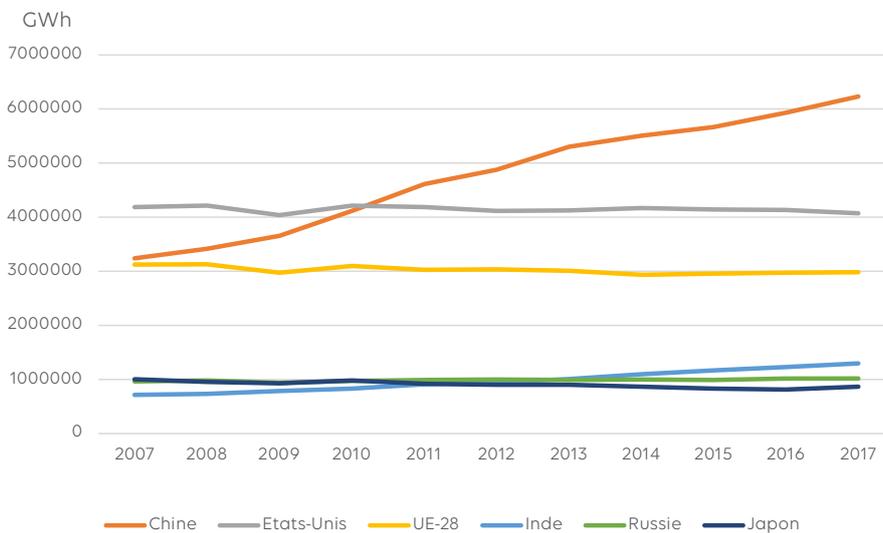


FIGURE 1. PRODUCTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ
(Source Enerdata)

• **ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE** • L'intensité carbone de la production électrique est un deuxième facteur d'explication pour l'évolution des émissions. L'électricité est fournie par un assemblage de sources (ou mix électrique) dont certaines sont très émettrices en gaz à effet de serre comme le charbon (880 grammes de CO₂ environ par kilowattheure produit), d'autres moins comme le fioul (710 gCO₂/kWh) ou le gaz (390 gCO₂/kWh). Enfin l'empreinte carbone des énergies renouvelables et du nucléaire est nulle pour les émissions directes et faible si on prend en compte l'ensemble du cycle de vie : les estimations varient par exemple de 18 à 180 gCO₂/kWh pour le solaire photovoltaïque, de 7 à 56 pour l'éolien et de 4 à 110 pour le nucléaire (IPCC, 2014).

La part de chaque source dans le mix électrique détermine l'intensité carbone de l'électricité mondiale. Cette intensité carbone stagne depuis 10 ans malgré des progrès significatifs en Chine, aux États-Unis et au sein de l'Union Européenne.

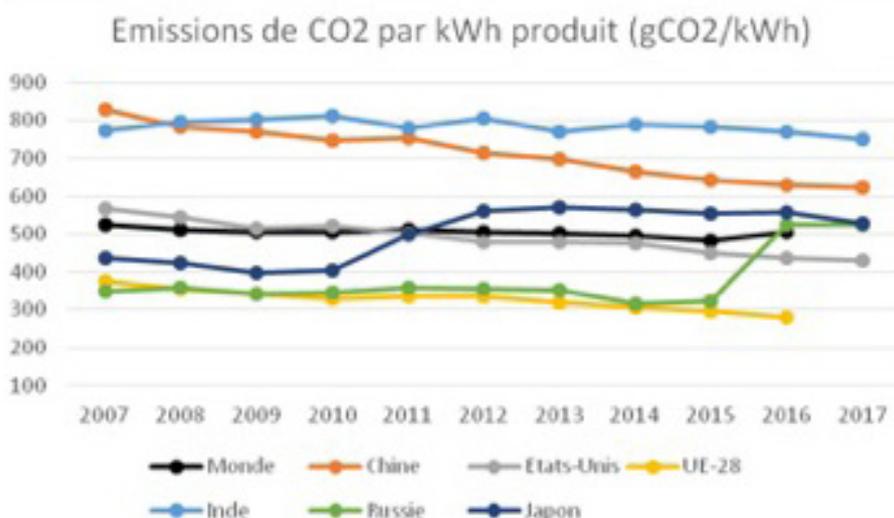


FIGURE 2. INTENSITÉ CARBONE DU MIX ÉLECTRIQUE

L'utilisation de charbon est de loin la première source d'émissions : elle représente environ 74% des émissions du secteur alors que le charbon ne produit que 38% de l'électricité et 42% de la chaleur mondiale (IEA, 2018). La production d'électricité à partir du charbon a augmenté de 3% (280 TWh) en 2017 à l'échelle mondiale, ce qui représente un tiers de la croissance totale de la production d'électricité et plus que la baisse de production de 250 TWh observée en 2016. La croissance de la production d'électricité à partir du charbon a surtout été enregistrée en Inde et en Chine. La progression du charbon en Asie n'a été que partiellement compensée par les baisses enregistrées notamment aux États-Unis et dans l'Union européenne.

Le gaz arrive ensuite avec 21% des émissions pour 23% de la production d'électricité et 42% de la production de chaleur. La production d'électricité à partir du gaz a augmenté de 1,6% (95 TWh), soit près de 15% de la croissance totale, les contributions les plus importantes provenant de l'Union européenne, de la Chine et de l'Asie du Sud-est (IEA, 2018). Les produits pétroliers représentent 5% des émissions pour 4% de la production d'électricité et de chaleur.

Les énergies décarbonées, renouvelables et le nucléaire, sont à l'origine de 35% de l'électricité mondiale (principalement grâce à l'hydroélectricité, au nucléaire et à l'éolien) et de 8% de la chaleur (principalement grâce à la biomasse et aux déchets).

		Electricité	Chaleur
Fossiles	Charbon	38,3%	42,1%
	Produits pétroliers	3,7%	4,3%
	Gaz	23,1%	42,3%
Fissiles	Nucléaire	10,4%	0,2%
Renouvelables	Biomasse	1,8%	4,1%
	Déchets	0,4%	3,2%
	Hydroélectricité	16,6%	0,0%
	Géothermie	0,3%	0,3%
	Solaire PV	1,3%	0,0%
	Solaire thermique	0,0%	0,0%
	Eolien	3,8%	0,0%
Energies marines	0,0%	0,0%	

TABLEAU 2. PART DES DIFFÉRENTES ÉNERGIES DANS LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR EN 2016

(Source : IEA, 2018)



Autres	0,1%	3,5%
--------	------	------

Les énergies renouvelables ont fourni près de la moitié de la production additionnelle d'électricité en 2017, ce qui porte leur part dans la production mondiale à un niveau record de 25 %, contre 18 % il y a 10 ans. En 2017, les énergies renouvelables prises dans leur ensemble étaient la deuxième source d'électricité de la planète, derrière le charbon mais devant le gaz et le nucléaire.

L'hydroélectricité à l'intersection entre mitigation et adaptation

La « houille blanche » est la seule énergie renouvelable à avoir été employée à grande échelle dès les débuts de l'électricité. Aujourd'hui, elle reste la première source d'électricité décarbonée, loin devant le nucléaire et les autres énergies renouvelables. L'hydroélectricité joue donc un rôle important pour limiter les émissions du secteur mais elle nécessite aussi des ressources en eau en quantité et en qualité suffisante, ce qui la rend vulnérable au changement climatique. Celui-ci peut entraîner une modification du régime des précipitations qui limite la production des installations existantes et augmente les risques pour les nouveaux. Il peut aussi affecter la qualité de l'eau : la fonte des glaciers, par exemple, augmente la présence de sédiments et donc l'usure des turbines.

Le Hoover Dam, un des symboles de l'hydroélectricité aux États Unis construit dans les années 1930, fournit un exemple emblématique de ces aléas : il voit régulièrement sa capacité de production réduite en raison de la sécheresse qui frappe l'Ouest des États-Unis. Ce sont alors d'autres sources d'énergie, notamment des centrales au gaz, qui viennent combler le déficit, augmentant au passage les coûts et les émissions de CO₂.

Les pays en développement sont d'autant plus vulnérables à ces aléas : en Tanzanie, l'hydroélectricité représentait 90 % de la production électrique dans les années 1990. La sécheresse qui s'est installée au début des années 2000 a eu des répercussions importantes sur la production électrique et donc sur la population et l'économie du pays. En 2011, une crise énergétique a laissé les habitants dans le noir 12 à 16 heures par jour conduisant le FMI à revoir à la baisse ses prévisions de croissances pour le PIB tanzanien : le pays ne disposait pas de capacités suffisantes pour prendre la relève des centrales hydroélectriques. Face à l'incertitude de l'hydroélectricité, la Tanzanie fait à présent le choix de développer sa production thermique. Aujourd'hui l'hydroélectricité ne représente plus que le tiers du mix tanzanien, à égalité avec le gaz naturel et le fioul.

Les installations hydroélectriques sont aussi sensibles à l'excès de précipitations. En 2018, le barrage en construction de Saddle, au Laos, s'est effondré après de fortes pluies, inondant les villages en aval et tuant plus d'une centaine de personnes. L'ONG International Rivers a dénoncé à cette occasion la construction d'ouvrages « incapables de soutenir des conditions climatiques extrêmes » à un moment où celles-ci « deviennent plus fréquentes ».

ENCADRÉ 2

Enfin, la production nucléaire a augmenté de 3 %, soit 26 TWh, en 2017. Néanmoins, les ajouts de nouveaux réacteurs à l'échelle mondiale n'ont compensé que de peu les mises hors services en 2017 : la remise en service de réacteurs japonais à l'arrêt depuis 2011 explique à elle seule 40 % de la croissance de la production.

2 • TENDANCE DES POLITIQUES MONDIALES

Les politiques énergétiques mondiales restent contradictoires : d'un côté les États soutiennent massivement les énergies fossiles, de l'autre, les mesures en faveur des énergies décarbonées et de l'efficacité énergétique se généralisent.

• **EN 2016, L'ÉLECTRICITÉ EST DEVENUE LE PREMIER DESTINATAIRE DES SUBVENTIONS AUX ÉNERGIES FOSSILES** •

Les interventions publiques dans le secteur de l'électricité sont nombreuses. Elles prennent notamment la forme de subventions dont une part importante va à des énergies émettrices de gaz à effet de serre : en 2016, la consommation d'énergie fossile a été subventionnée à hauteur de 260 milliards de dollars, 41% de ces aides étaient destinés au secteur électrique qui en est le principal destinataire, dépassant pour la première fois l'industrie pétrolière (40%). Le développement des énergies renouvelables quant à lui a reçu 140 milliards de dollars en 2016 (IEA, 2017). Les politiques énergétiques mondiales continuent donc à inciter à la consommation d'électricité fossile.

Ces interventions sont justifiées au nom du développement, de l'emploi, de la compétitivité des entreprises consommatrices d'électricité ou de la lutte contre la précarité énergétique. Elles sont cependant souvent mal ciblées et profitent de façon disproportionnée aux classes aisées qui consomment plus d'énergie. Leur effet peut donc être d'encourager les consommateurs à gaspiller l'énergie et de déséquilibrer les budgets publics (Shirai, 2017).

Outre les incitations financières directes, les politiques énergétiques recourent à de nombreuses mesures pour soutenir les énergies fossiles : contrôle des prix, quotas, prêts bonifiés, garanties, investissements directs, recherche et développement, restrictions techniques, etc. (IEA/OCDE/World Bank, 2010). Aux États-Unis, par exemple, un cadre réglementaire obsolète permet à des centrales à charbon non-concurrentielles de se maintenir en service (Carbon Tracker, 2017). Les marchés de capacités et les réserves stratégiques destinés à maintenir à disposition des centrales thermiques européennes peu utilisées sont un autre exemple de soutien indirect aux énergies fossiles (Zimmermann, 2017).

Ces mesures sont d'autant plus néfastes qu'elles ont une forte inertie : les deux-tiers des subventions aux énergies fossiles ont été introduites avant 2000 (OCDE, 2018) et une centrale électrique thermique a une durée de vie supérieure à 30 ans.

Les mesures favorables aux énergies fossiles sont en partie contrebalancées par la diffusion des marchés carbonés - notamment le marché chinois dont le lancement a été annoncé lors de la COP23 - et des taxes sur le contenu carbone de l'énergie. Ces mesures ont pour effet de rendre moins concurrentielles les énergies fossiles en particulier le charbon. Elles se sont montrées particulièrement efficaces en Grande Bretagne où le doublement du prix plancher du carbone à 18£/TCO₂eq en 2015 a divisé par 3 en un an la part du charbon dans le mix électrique (Carbon Brief, 2016).

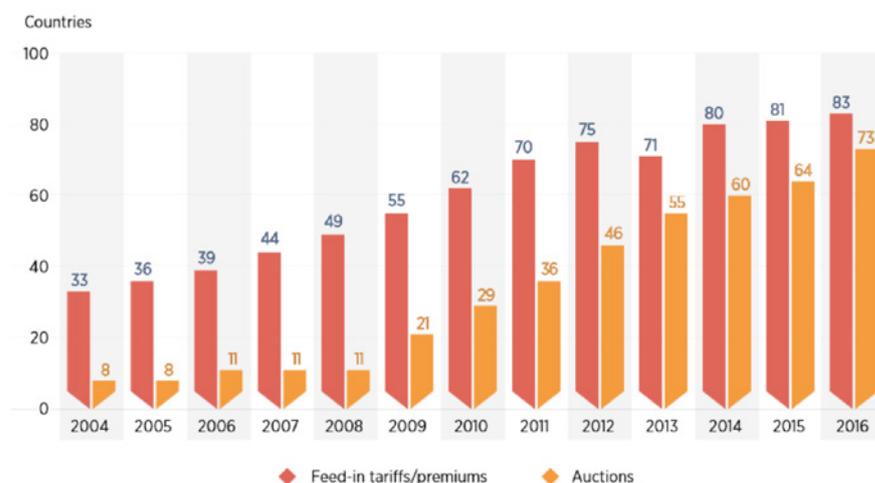


FIGURE 5. NOMBRE DE PAYS UTILISANT UN TARIF GARANTI ET/OU DES ENCHÈRES

(Source : IRENA, 2018)



• **POLITIQUES EN FAVEUR DES RENOUVELABLES** • Ces politiques en faveur des énergies fossiles sont également contrebalancées par la généralisation des mesures en faveur des énergies renouvelables. Lorsqu'elles peuvent s'appuyer sur des coalitions réunissant acteurs publics, industriels, société civile et organisations internationales, ces politiques se rencontrent même dans des pays en développement bien pourvus en ressources fossiles comme le Mexique, la Thaïlande ou l'Afrique du Sud (Rennkamp, 2017).

Initialement, les investissements dans les énergies renouvelables, en particulier dans le solaire et l'éolien, ont été encouragés grâce à des tarifs de rachats garantis (ou Feed-in tariffs). En 2017, plus de 80 pays utilisaient ce système. La principale difficulté consiste à fixer le tarif à un niveau suffisamment élevé pour attirer les investisseurs tout en restant soutenable (IRENA, 2018). Cette difficulté conduit un nombre croissant de pays, dont la Chine et l'Allemagne, à se tourner vers un système d'enchères.

Ce changement a des conséquences notables pour les acteurs du secteur : les enchères sont bien adaptées aux projets importants et aux grandes entreprises mais difficilement accessibles aux développeurs modestes ou non professionnels (particuliers, agriculteurs, coopératives...). Le système d'enchères permet cependant d'accélérer la baisse du prix des renouvelables en encourageant des stratégies agressives de la part des entreprises. Pour l'emporter, celles-ci fixent leurs prix en tenant compte des réductions de coût qu'elles anticipent pendant la réalisation du projet. Cette concurrence peut déboucher sur l'échec de projets trop ambitieux : en Grande Bretagne, par exemple, les projets solaires retenus à moins de 60£/MWh lors de l'appel d'offre de 2015 ont tous été abandonnés (Energie et Développement, 2017).

D'autres outils incitatifs peuvent être employés, notamment des quotas obligeant certains acteurs à utiliser une part minimale d'énergies renouvelables. Ces obligations existent par exemple en Inde et en Grande Bretagne ainsi que dans 29 états américains, elles sont souvent accompagnées d'un système de certificats permettant aux producteurs d'électricité renouvelable de mieux valoriser leur production. Des mesures non-réglementaires existent également comme des instruments financiers ou fiscaux pour encourager les investissements dans les énergies renouvelables. (IRENA, 2018)

Il faut noter enfin un retard dans le soutien à la production de chaleur et de froid renouvelable : en 2016, 126 pays avaient mis en place des politiques incitant au développement des renouvelables pour le secteur électrique contre 29 seulement pour la chaleur (IRENA, 2018). Les politiques en faveur de la chaleur et du froid renouvelable s'appuient majoritairement sur des quotas.

3 • LES ACTEURS ÉCONOMIQUES ET LEUR ENVIRONNEMENT

La production d'électricité et de chaleur, leur transport, leur distribution et les services associés font intervenir un grand nombre d'entreprises de tailles très diverses : producteurs locaux, nationaux ou internationaux, gestionnaires de réseaux, distributeurs, fournisseurs d'équipements et de services, financeurs... Les enjeux de la transition vers une énergie bas carbone sont différents pour chacune de ces catégories tout comme leurs stratégies.

• **DES ACTEURS TRADITIONNELS EN DIFFICULTÉS** • Les grands électriciens occupent une place centrale. Généralement issus de monopoles nationaux, ils ont souvent vu leurs activités de production, de transport et de distribution séparées autour des années 2000 dans le cadre de l'ouverture à la concurrence du secteur. Certains restent entièrement publics comme State Grid of China, le premier électricien mondial, mais beaucoup ont été partiellement ou totalement privatisés, à l'instar d'Enel et d'EDF, n°2 et 3 du secteur. Ils disposent d'une autonomie importante même si, compte-tenu de leur mission de service public, la plupart reste soumis à un contrôle du gouvernement ou d'un régulateur.

Ces électriciens gèrent des infrastructures qui se caractérisent par une durée de vie très longue : plus d'un demi-siècle pour les centrales à charbon et les barrages hydroélectriques, plusieurs

décennies pour les réacteurs nucléaires et les centrales à gaz. Malgré leur inertie, ils doivent s'adapter à un contexte politique et surtout économique (hausse des coûts des énergies fossiles, campagne de désinvestissement, compétitivité des énergies renouvelables...) dont l'évolution s'est accélérée au cours des deux dernières décennies. Cette différence de temporalité entraîne un risque important pour ces entreprises : voir leur parc de production devenir inadapté aux attentes du marché et non-compétitif, on parle alors d'actifs bloqués (ou stranded asset). Un cinquième du parc électrique mondial pourrait se retrouver dans cette situation si les objectifs de l'Accord de Paris étaient atteints (Pfeiffer, 2018). En Europe et aux États-Unis, le secteur de l'électricité a déjà subi des dépréciations d'actifs importantes qui ont réduit la rentabilité des grands électriciens et entraîné la perte de centaines de milliards d'euros de capitalisation (IRENA, 2017).

Face à cette situation, les stratégies des grands électriciens peuvent se classer en deux grandes catégories :

- les stratégies d'addition qui s'appuient sur les infrastructures existantes pour les adapter aux contraintes : la capture et la séquestration du carbone, qui permettent d'annuler les émissions de centrales thermiques, y compris si elles existent déjà, ou encore les réseaux intelligents.
- les stratégies de substitution qui visent le remplacement des systèmes existants, c'est le cas notamment de la production électrique renouvelable.

Toutes les grandes évolutions énergétiques du XX^e siècle ont été dominées par des stratégies d'addition. C'est encore le cas aujourd'hui : l'analyse des brevets déposés par les 6 plus grands électriciens européens montre qu'ils privilégient cette approche même si les énergies renouvelables sont, avec les réseaux intelligents, la priorité technologique du secteur électrique en Europe (Buttigieg, 2016).

L'adaptation des grandes entreprises du secteur passe aussi par la réorganisation de leurs activités : le nombre de fusion-acquisition dans le secteur électrique européen a augmenté de 30% en 2017. Ces opérations ont souvent pour objectif de recentrer l'entreprise sur son cœur de métier en se débarrassant des activités annexes en particuliers lorsqu'elles concernent les énergies fossiles (IEA, 2018). L'Allemand Uniper, par exemple, s'est séparé de ses activités dans l'amont gazier et pétrolier, le français Engie de centrales à gaz aux États-Unis, en Grande-Bretagne et d'une centrale à charbon en Australie...

La restructuration du secteur électrique allemand

Les deux principaux électriciens allemands, Eon et RWE, ont été durement affectés par la sortie du nucléaire et le recul du charbon qui composait l'essentiel de leur parc électrique. Ils ont également subi une baisse importante du prix de gros de l'électricité - passé de 60€/MWh en moyenne en 2011 à 35 environ aujourd'hui. Enfin, le développement rapide des énergies renouvelables a entraîné l'apparition de nouveaux concurrents avec une production plus décentralisée.

Les grands électriciens allemands ont tardé à se tourner vers les énergies renouvelables. En 2013, alors que les renouvelables représentaient déjà près de 40% de la capacité installée en Allemagne, elles ne comptaient encore que pour 18% du parc d'Eon et seulement 6% de celui de RWE.

Face à ces difficultés, Eon a décidé de scinder son activité : d'un côté un nouveau Eon qui se concentre sur les renouvelables, la distribution d'électricité et les services, de l'autre Uniper qui récupère le parc fossile pour en gérer la fin de vie. Initialement, Uniper devait aussi recevoir les réacteurs nucléaires d'Eon mais le gouvernement allemand, inquiet qu'Eon cherche ainsi à échapper à ses responsabilités, a refusé ce transfert.

Cette séparation a formé deux entreprises de profils très différents : le nou-



veau Eon espère renouer avec la croissance et se concentrer sur les investissements alors qu'Uniper doit verser des dividendes élevés aux actionnaires pour compenser des actifs en déclin. La scission a été réalisée en 2016 et en 2018 Eon a définitivement tourné la page en vendant ses parts dans Uniper au finlandais Fortum pour 3,8 milliards d'euros. Cette transaction doit permettre à Eon de financer sa transformation.

RWE au contraire a d'abord rejeté la perspective d'une scission en se concentrant sur la réduction des coûts : 2 400 emplois ont été supprimés en 2014, les investissements ont été réduits et les activités pétrolières et gazières ont été vendues en 2015. Mais en 2016, l'entreprise a finalement placé ses activités renouvelables, réseau et distribution dans des filiales séparées qui ont été introduites en bourse.

La prochaine étape consiste en un rapprochement des deux entreprises : Eon va acquérir 76,8% d'Innogy, la filiale renouvelable de RWE. En contrepartie RWE entrera dans le capital d'Eon à hauteur de 16,67%, devenant ainsi le premier actionnaire de son rival historique.

Source : Financial Times

ENCADRÉ 3

L'évolution du mix électrique et des stratégies des électriciens a aussi des conséquences pour les fournisseurs d'équipements. Les producteurs de turbines destinées aux centrales électriques thermiques, comme l'allemand Siemens ou l'américain GE, rencontrent des difficultés pour maintenir leurs chaînes de production et tentent de se développer vers les énergies renouvelables. De même les industriels du secteur nucléaire sont en difficulté et font face à des restructurations : c'est le cas du français Areva, démantelé début 2018, ou du japonais Toshiba qui a vendu sa filiale nucléaire en faillite Westinghouse.

• **MONTÉE EN PUISSANCE DE NOUVEAUX ACTEURS ET DE NOUVELLES SOLUTIONS** • Les difficultés rencontrées par les grandes entreprises du secteur facilitent l'émergence de nouveaux acteurs : producteurs et développeurs alternatifs, fabricants d'équipements destinés aux énergies renouvelables et de batteries... C'est le cas du français Neoen, créé en 2008, et devenu en une décennie un des premiers producteurs indépendants d'énergies renouvelables de la planète. Neoen exploite notamment la plus grande batterie du monde, la Hornsdale Power Reserve en Australie, développée en partenariat avec Tesla. D'autres entreprises ont mis à profit la transition du secteur électrique pour se réinventer, par exemple le danois Ørsted (anciennement DONG Energy). Fondée en 1972 pour exploiter les ressources pétrolières et gazières de Mer du Nord, l'entreprise s'est imposée autour de 2010 comme un champion de l'éolien et de la biomasse : Ørsted possède aujourd'hui près du quart des éoliennes off-shore de la planète.

La transition du secteur électrique fait par ailleurs apparaître des activités et des modèles économiques entièrement nouveaux, en particulier dans les services liés à la fourniture d'électricité.

Deux innovations techniques et économiques : effacement et PAYG

L'effacement consiste à réduire volontairement sa consommation d'électricité dans les périodes de forte demande ou de faible production afin de faciliter l'équilibrage du réseau. Avec le développement des énergies renouvelables

variables comme le solaire et l'éolien cette opération peut devenir indispensable. Des mécanismes ont été mis en place aux États-Unis, en Russie et dans plusieurs pays européens pour récompenser les consommateurs qui contribuent ainsi à l'équilibre du réseau.

Des solutions techniques permettant aux par-

ticuliers et aux entreprises d'effacer automatiquement une partie de leur consommation sont apparues depuis quelques années. Elles sont opérées par des agrégateurs d'effacement qui coordonnent et commercialisent les réductions de consommation de leurs adhérents. En France, le potentiel d'effacement est équivalent à la production de 6 à 10 réacteurs nucléaires, ce gisement a donné naissance à de nombreuses startups : Voltalis, Energy Pool appartenant à Schneider Electric, BHC Energy filiale de Total, Actility, Smart Grid Energy, Hydronext...

Sur le continent africain, c'est le développement du réseau plus que son équilibre qui est le défi principal. L'utilisation d'une installation solaire domestique est une solution pour accéder rapidement à l'électricité. La difficulté de ces projets réside dans leur financement : les utilisateurs n'ont pas toujours l'épargne ou la capacité d'emprunt nécessaire pour investir dans ces systèmes dont le coût peut varier de 100 à plus de 1000 \$ et les entreprises sont réticentes à investir sans moyens fiables de recouvrer les factures. Le modèle pay-as-you-go (PAYG) permet de résoudre ce problème.

Même s'il existe de nombreuses variations de ce système, il s'agit en général d'une entreprise qui loue à des particuliers un système solaire domestique complet (panneau solaire, bat-

terie, électronique et connectique et parfois ampoules et appareils, par exemple télévision) et assure son installation et sa maintenance en échange d'un paiement initial de 0 à 30% de la valeur du kit puis d'une redevance quotidienne, hebdomadaire ou mensuelle souvent payée par téléphone. La commercialisation et l'installation passe généralement par des intermédiaires locaux ce qui a pour effet de stimuler l'activité. En cas de non-paiement, le système n'est plus utilisable, mais contrairement à un prêt bancaire, il n'y a pas de risque financier pour l'utilisateur.

Le modèle PAYG permet d'amener une électricité renouvelable à des foyers auparavant non électrifiés. Les entreprises actives dans ce domaine, comme Baobab+, Mobisol, M-Poka ou Lumos, ont déjà levé 360 millions de dollars et atteint 750 000 clients principalement en Afrique de l'Est. Pour les entreprises, il a l'avantage de créer une relation durable avec les clients. Certaines la valorisent en proposant des options ou des améliorations sur les kits solaires : Fenix, entreprise ougandaise rachetée en 2017 par Engie, propose par exemple une batterie dont la capacité peut être augmentée grâce à un simple code d'activation.

Sources : Ademe, 2017 et Hystra 2017

ENCADRÉ 4

Enfin, l'évolution rapide du secteur stimule l'apparition et le développement de think-tank et d'entreprises de conseil spécialisés. C'est le cas par exemple de New Energy Finance, fournisseur de données sur les énergies renouvelables pour le secteur de la finance et de l'énergie : fondé en 2004, elle a été rachetée par Bloomberg en 2009 après 5 années de croissance rapide.

Le rôle du secteur financier

Les projets électriques étant très intensifs en capital, la transition des acteurs existants et l'émergence de nouvelles entreprises sont accompagnées par le secteur financier. Celui-ci est de plus en plus réticent à investir dans des projets charbonniers ou, plus généralement, fossiles : Mi-2018, 1000 investisseurs institutionnels gérant 6240 milliards de dollars s'étaient engagés à désinvestir des énergies fossiles, c'est 12 fois plus qu'il y a 4 ans (Arabella Advisors, 2018).

Le mouvement de désinvestissement a pris naissance en 2011 dans les universités américaines qui gèrent des fonds importants : Harvard, par exemple, possède un fond d'investissement de près de 40 milliards de dollars que l'université a cessé d'investir dans les énergies fossiles en 2017 après des an-



nées de campagnes de ses étudiants et professeurs. Aujourd'hui cependant le désinvestissement n'est plus limité aux investisseurs militants : parmi les organisations qui ont désinvesti on trouve le Conseil œcuménique des églises (qui réunit 348 organisations religieuses) ou des villes comme San Francisco ou Berlin mais aussi GPF, le plus important fonds souverain de la planète, ou les assureurs Axa et Allianz.

Le désinvestissement n'est pas le seul outil des acteurs financiers pour influencer les choix des entreprises. D'autres stratégies existent dont :

- Le « *best in class* » qui consiste à n'exclure aucun secteur a priori mais à n'investir au sein de chaque secteur que dans les entreprises affichant les meilleures performances. C'est l'approche retenue par exemple par le DJSI World (Dow Jones Sustainability Index) : cet indice proposé par RobecoSam et Standard & Poor's s'appuie sur un questionnaire annuel envoyé aux 3400 plus grandes entreprises de la planète et sélectionne pour chaque secteur les 10% d'entreprises les plus performantes. Des indices régionaux et nationaux du DJSI existent également.

- L'activisme actionnarial qui consiste à utiliser les pouvoirs des actionnaires pour influencer la stratégie des entreprises. Cette méthode est souvent employée par des organisations non-gouvernementales pour se faire entendre lors des assemblées générales. Mais elle est également utilisée par de grands acteurs de la finance : lors des assemblées générales des 2017, Goldman Sachs, par exemple, a voté en faveur de la moitié des résolutions portant sur le climat contre 39% en 2016, JP Morgan a soutenu 16% de ces initiatives contre 5% l'année précédente (Bloomberg, 2018).

Même si ces mouvements gagnent de l'ampleur, ils ne semblent pas encore ralentir les projets fossiles : à côté d'une finance verte émergente, les financements bruns sont toujours disponibles.

ENCADRÉ 5

4 • L'ÉCHELON LOCAL : ACTEUR CRUCIAL DE LA TRANSITION

Le développement des énergies renouvelables repose généralement sur des installations de taille plus modeste que les centrales électriques conventionnelles et la réduction de la consommation d'électricité passe par des projets locaux. La transition du secteur électrique a donc pour effet de redonner l'initiative aux territoires et aux acteurs locaux : collectivités, associations, coopératives...

• **LES COLLECTIVITÉS, COMPLÉMENTAIRES DES ÉTATS ET INNOVANTES** • L'action au niveau des collectivités peut permettre d'expérimenter, de compléter ou au contraire de contourner la politique mise en place au niveau national. En Chine par exemple, des marchés du carbone ont été créés à partir de 2011 par des villes comme Pékin, et Shanghai. Un système national devrait voir le jour prochainement sur la base de ces expériences. En France, l'État a fait le choix de donner aux collectivités un rôle de chef de file dans la mise en œuvre de la transition énergétique : la plupart des groupements de communes doivent ainsi établir avant la fin de l'année 2018 un plan climat-air-énergie territorial comprenant notamment des actions pour maîtriser la demande d'énergie locale et développer la production renouvelable.

Aux États-Unis au contraire, c'est l'hostilité du gouvernement fédéral face à la lutte contre le changement climatique qui déplace l'initiative vers les états fédérés. C'est le cas, par exemple, avec la Regional Greenhouse Gas Initiative - neuf états (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island et Vermont) ont mis en place un marché

du carbone afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre des centrales électriques de 65 % d'ici 2030. Citons encore la Powering Past Coal Alliance qui compte 7 états (Californie, Connecticut, Hawaii, Minnesota, New York, Oregon et Washington) et deux villes (Honolulu et Los Angeles) américaines parmi ses membres.

Le rôle des collectivités n'est pas seulement complémentaire de celui de l'État : la réémergence de systèmes énergétiques plus décentralisés donne aux villes et aux régions un rôle de premier plan dans les politiques en matière d'énergies renouvelables. L'engagement local en faveur des énergies renouvelables est stimulé par les avantages économiques découlant des énergies vertes, ainsi que par le potentiel d'atténuation des changements climatiques, l'amélioration de la qualité de l'air ou de l'eau au niveau local ainsi que la création d'emplois.

Municipalité, régulateur et électricien, l'expérience du Cap

Comme de nombreuses communes, la ville du Cap gère une partie de la distribution de l'électricité sur son territoire : elle dessert environ 550 000 consommateurs particuliers, soit 75 % des foyers, le reste étant sous la responsabilité de l'électricien national Eskom. En 2008, dans un contexte de pénurie nationale d'électricité, Le Cap a voulu utiliser cette prérogative pour mieux exploiter son potentiel renouvelable et ainsi limiter sa dépendance énergétique. En l'absence d'expérience et de cadre réglementaire, la ville a choisi de procéder par étape. Elle s'est d'abord rapprochée de NERSA, le régulateur sud-africain de l'électricité, pour étudier la faisabilité de son projet et obtenir l'autorisation de mener un projet pilote. En 2011, après une nouvelle sollicitation, NERSA a clarifié son cadre réglementaire en autorisant les collectivités à écouler la production des installations de moins de 100 kW situées sur leur territoire, en échange les producteurs peuvent déduire l'électricité fournie au réseau de celle qu'ils achètent. Cette version suppose donc que les producteurs restent consommateurs nets d'électricité. Malgré cette limitation, elle a encouragé les collectivités sud-africaines à promouvoir l'installation de petites productions

Source : Hermanus, 2017

renouvelables sur leurs territoires. En 2013, Le Cap a étendu son programme de soutien aux investissements GreenCape avec pour mission de stimuler les projets d'énergie renouvelable. Simultanément, la ville a entrepris de remplacer ses compteurs électriques et a travaillé avec Eskom et l'industrie pour mettre au point un compteur prépayé capable de comptabiliser aussi bien la consommation que la production d'électricité.

En 2014, NERSA a fait passer la puissance maximale des projets gérés par les municipalités de 100kW à 1 MW. Ajouté à l'augmentation des tarifs de l'électricité, cette réforme a conduit des entreprises à proposer des projets à grande échelle. Le contrat pour un premier projet solaire de 1,2 MW a été signé en septembre. Pour obtenir l'accord de NERSA, il a été enregistré sous la forme de 2 projets de 0,6 MW.

En 2015, NERSA a entamé une large consultation avec les collectivités sud-africaines en vue de proposer une nouvelle réglementation qui est toujours en cours d'élaboration. En attendant, la ville continue à développer ses propres procédures : en 2016, elle a publié des lignes directrices pour l'installation de panneaux solaires en toiture, une méthodologie de comptage et un tarif de rachat ont été mis en place.

ENCADRÉ 6

Responsables de l'aménagement du territoire et de la gestion des services publics, les collectivités sont aussi au premier rang pour déployer des technologies innovantes dans le secteur de l'électricité et de la chaleur. Elles peuvent aussi devenir des moteurs pour la transition d'autres secteurs en favorisant l'intégration des véhicules électriques (VE), en modernisant les flottes de transport public et en rendant obligatoire l'utilisation des biocarburants ou du chauffage solaire



de l'eau pour répondre aux besoins de chauffage municipal. Par ailleurs, les leçons apprises au niveau local éclairent souvent la construction des politiques nationales.

Des centaines de collectivités locales ont pris des engagements en faveur de l'électricité 100% renouvelable, c'est le cas par exemple de la coalition UK100 en Grande Bretagne qui réunit 90 décideurs locaux. En 2017, les dirigeants municipaux du Japon ont publié la Déclaration de Nagano dans laquelle ils s'engagent à œuvrer en faveur d'une énergie renouvelable à 100% pour les villes. De même de nouveaux objectifs de 100% d'énergie ou d'électricité renouvelables ont été fixés dans huit villes américaines en 2017, portant le total national à 48.

Les villes ont également pris des mesures collectives pour agréger les impacts de leurs engagements. En 2017, plus de 250 maires des États-Unis se sont engagés à atteindre l'objectif de la Conférence des maires des États-Unis de 100% d'énergie renouvelable d'ici 2035 (bien que tous ces objectifs n'aient pas encore été adoptés dans la législation). En Allemagne, plus de 150 districts, municipalités, associations régionales et villes s'étaient engagés à produire 100% d'énergie renouvelable d'ici la fin de 2017 par l'intermédiaire du réseau des régions à 100% d'énergie renouvelable. L'initiative européenne du « Pacte des maires » joue un rôle important dans le renforcement des dynamiques des communes en Europe. Des initiatives telles que C40 Cities stimulent également la collaboration, permettant aux villes de partager leurs pratiques pour faire progresser leurs transitions énergétiques.

• **LA SOCIÉTÉ CIVILE SE RÉAPPROPRIE L'ÉLECTRICITÉ** • Au-delà des acteurs publics locaux, la transition vers une production d'électricité moins carbonée passe par une multitude d'acteurs privés. Dans le passé, l'action des parties-prenantes locales était souvent limitée au NIMBY (« Not in my backyard ») : le rejet de grandes infrastructures susceptibles de perturber la vie locale. Ce phénomène reste important - avec le rejet par exemple de l'extension de la mine de lignite de Hambach en Allemagne ou l'opposition à la centrale à charbon de Lamu au Kenya - mais la décentralisation de la production d'énergie permet désormais aux acteurs locaux de jouer un rôle plus actif et de se réapproprier la production d'électricité.

Grâce aux énergies renouvelables il devient possible pour un non professionnel de produire sa propre électricité : du solaire en toiture pour un particulier, de l'éolien ou du biogaz pour un agriculteur... La production de chaleur et de froid est également possible avec les chauffe-eaux solaires ou la géothermie (pompe à chaleur...). A une échelle un peu plus importante, des coopératives de production ou le cofinancement des projets par l'épargne locale permettent de développer les renouvelables et de faciliter leur acceptation.

Énergie Partagée

En raison de l'importance de la production nucléaire, la France garde une production électrique très centralisée mais cela n'a pas empêché l'apparition d'initiatives citoyennes en faveur des énergies renouvelables. Dès 1991 à Chambéry, la première installation solaire en toiture raccordée au réseau en France est réalisée grâce à une souscription lancée par l'association Phébus (future Hespul). Au début des années 2000, des projets éoliens lancés par les habitants voient le jour en Bretagne avec l'association Éoliennes en Pays de Vilaine et dans l'est avec l'Agence Locale de l'Énergie des Ardennes.

En 2008, un fonds d'investissement (Solira Investissement devenu en 2010 Énergie Partagée Investissement) est créé pour financer les projets d'installations solaires puis rapidement éoliennes. Parmi ses membres historiques on retrouve les grandes organisations du domaine des énergies renouvelables et de la solidarité - Enercoop, le GERES, la Nef, etc. - ainsi que des acteurs locaux. Énergie Partagée Investissement est une société en commandite par action,

placée sous la supervision d'un conseil de surveillance nommé par les investisseurs. Cette structure permet aux particuliers qui le souhaitent d'investir dans des projets d'énergie renouvelables en mutualisant les risques et en s'assurant de bonnes pratiques (gouvernance démocratique, ancrage local, non spéculation...). Le fonds travaille étroitement avec Energie Partagée Association chargée d'accompagner les porteurs de projets, avec Energie Partagée Études qui cofinance la phase de développement des projets d'énergie renouvelable et avec des missions régionales.

En 2011, Énergie Partagée Investissement a obtenu le visa de l'Autorité des Marchés Financiers pour collecter l'investissement des citoyens dans les projets de production d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique. En une année, plus de 2,6 millions d'euros sont ainsi recueillis. Début 2018, Energie Partagée passe le cap des 15 millions d'euros collectés auprès de plus de 5000 actionnaires. Le réseau Energie Partagée accompagne plus de 270 projets.

Source : Energie partagée, rapport d'activité 2017

ENCADRÉ 7

CONCLUSION

La demande d'électricité continue à augmenter : au cours des 20 prochaines années, le secteur électrique pourrait être responsable de 70% de l'augmentation de la consommation d'énergie primaire (BP, 2018). Malgré des progrès, cette croissance de la consommation n'est pas encore compensée par une baisse de l'intensité carbone et les émissions continuent à augmenter. Mais derrière l'inertie de ses infrastructures, le secteur électrique connaît une restructuration rapide caractérisée par une perte d'influence des États et des grands électriciens au profit des territoires et de nouveaux acteurs économiques. Cette transformation contribue à l'émergence de modèles moins émetteurs et préfigure peut-être la transition vers une production d'électricité et de chaleur décarbonée.

N'HÉSITEZ PAS À RÉAGIR À CETTE FICHE, ET À NOUS SIGNALER RAPPORTS ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES VIA L'ADRESSE SUIVANTE :
CONTRIBUTION@CLIMATE-CHANCE.ORG



RÉFÉRENCES

BASES DE DONNÉES :

- Base Carbone
- BP Statistical Review 67th edition (juin 2018).
- ENERDATA, Global Energy & CO₂ Data
- IEA, Statistics
- World Bank Open Data.

RAPPORTS ET REVUES :

- ADEME (septembre 2017), L'effacement de consommation électrique en France.
- Arabella Advisors (2018), The Global Fossil Fuel Divestment and Clean Energy Investment Movement.
- Buttigieg (2016), Transition énergétique : Stratégies d'innovation des groupes électriques européens, École Doctorale de Dauphine.
- BP (2018), BP Energy Outlook.
- Carbon Tracker (13 September 2017), No country for coal gen – Below 2°C and regulatory risk for US coal power owners.
- Energie et Développement (13 septembre 2017), Contract for Difference Que retenir du round 2 ?
- Hermanus (2017), Local Governments' Changing Power in South Africa's Energy System.
- HYSTRA (mai 2017), Reaching scale in access to energy.
- IEA (2018), World Energy Investment.
- IEA (2017), World Energy Outlook.
- IEA/OCDE/World Bank (2010), The scope of fossil-fuels subsidies in 2009 and a roadmap for phasing out fossil-fuel subsidies.
- IPCC (2014), Climate Change 2014 : Mitigation of Climate Change (AR5 WG3 chp7 : Energy Systems).
- IRENA (2018), Renewable Energy Policies in a Time of Transition.
- IRENA (juillet 2017), Stranded assets and renewables.
- OCDE (mai 2018), Measuring and reforming support for fossil fuels.
- OCDE/IEA (2018), Global Energy & CO₂ Status Report 2017.
- Pfeiffer et al. (4 mai 2018), Committed emissions from existing and planned power plants and asset stranding required to meet the Paris Agreement, Environmental Research Letters.
- Rennkamp et al. (2017), Competing coalitions : The politics of renewable energy and fossil fuels in Mexico, South Africa and Thailand, Energy Research & Social Science.
- Shirai et al. (2017), Fossil-fuel consumption subsidies are down, but not, IEA.
- Zimmermann (septembre 2017), Capacity reserve in Germany, Karlsruhe Institute of Technology.

PRESSES PRÉSENTATIONS :

- Bloomberg (3 janvier 2018), Weekly brief sustainable finance.
- Carbon Brief (29 September 2016), Factcheck : The carbon floor price and household energy bills.
- Enerdata (30 mai 2018), Bilan énergétique mondial 2017.
- Financial Times (11 février 2015), Germany's green goals have profound consequences for Eon and RWE.
- Financial Times (18 mai 2016), Eon and RWE pursue radical restructurings.
- Financial Times (14 août 2018), RWE on track with Eon energy deal.