

analyse

Par **Nicolas Mazzucchi**,  
docteur en géographie  
économique, chercheur  
à la Fondation pour la  
recherche stratégique, auteur  
de *Énergie : ressources,  
technologies et enjeux de  
pouvoir* (Armand Colin,  
2017).

**Photo ci-dessus :**

L'optimisation du stockage  
de l'énergie constitue  
un enjeu et un maillon  
essentiels du développement  
des énergies renouvelables.  
C'est notamment le cas  
dans l'industrie solaire, où  
il est nécessaire de stocker  
l'énergie pour s'assurer de  
sa distribution en dehors des  
périodes d'ensoleillement.  
(© Shutterstock/  
Massimo Cavallo)



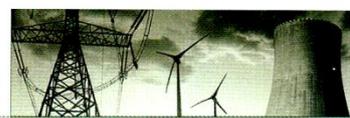
## Énergie : un futur 100 % renouvelable ?

De l'Alliance solaire internationale, emmenée par l'Inde, au One Planet Summit de Paris, les technologies vertes obtiennent la faveur des États, des industriels et, plus important encore, des bailleurs de fonds privés. Toutefois, dans cette euphorie générale pour les renouvelables, il appartient d'analyser en profondeur la réalité de leur déploiement et les promesses que ces énergies contiennent, au-delà des idéologies.

**L'**annonce par Donald Trump de la sortie de l'Accord de Paris mi-2017 a, paradoxalement, créé un nouveau focus sur les questions climatiques. De même que de nombreux dirigeants économiques et politiques américains se sont déclarés opposés à la décision de leur président, la plupart des chefs d'État ont manifesté leur désaccord avec la ligne politique de Washington. Dans ce contexte – malgré la très peu médiatisée COP23 à Bonn –, des annonces ont eu lieu tout au long de l'année concernant des avancées technologiques ou des initiatives politiques en lien avec les énergies renouvelables (ENR).

### Une évolution prometteuse

Les derniers chiffres publiés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en novembre, à l'occasion de la publication annuelle du *World Energy Outlook* sont prometteurs en ce qui concerne les énergies renouvelables. L'effondrement constaté des coûts du solaire (-70 % depuis 2010), mais aussi de l'éolien (-25 %), a fortement contribué à l'envolée des nouvelles installations renouvelables. De fait les ENR ont capté, selon l'AIE, les deux tiers des investissements pour de nouvelles centrales électriques au niveau mondial, signe non seulement de la demande en renouvelables mais également de l'engagement de plus en



plus important des pouvoirs publics et des bailleurs de fonds en ce domaine. De fait, si le sommet de décembre de Paris sur la finance pour le climat (One Planet Summit) apparaît avant tout comme un coup de communication plus ou moins réussi, il existe bel et bien une réalité de l'engagement des banques et fonds en faveur des technologies vertes, pour la production électrique du moins.

Toutefois, même si le coût des infrastructures (turbines éoliennes, panneaux photovoltaïques) s'effondre, force est de constater que les pays ayant massivement recours aux énergies renouvelables comme l'Allemagne ou le Danemark, subventionnent toujours massivement celles-ci [voir l'entretien avec P. Chalmin p. 34, NdIR]. L'absence de prix dissuasif du carbone, ainsi que les faibles coûts de production d'électricité à base d'hydrocarbures – charbon et gaz principalement – obligent les pouvoirs publics à mettre en œuvre des dispositifs incitatifs que ce soit à la construction ou lors de la production électrique (tarifs de rachat, subventions, etc.) lesquels se retrouvent dans

**“ L'absence d'une véritable taxe carbone, qui est le péché originel des négociations climatiques internationales passées et actuelles, offre au charbon une place encore relativement importante dans les portefeuilles énergétiques nationaux. ”**

la facture finale du consommateur (1). Loin d'être véritablement compétitives économiquement, les énergies renouvelables sont encore dans une phase de transition économique, y compris pour les plus matures comme l'éolien. L'implication des pouvoirs publics permet néanmoins de faire avancer la recherche technologique sur de nouvelles sources, notamment marines (hydrolienne, osmotique, marémotrice) qui offrent, selon les endroits, des perspectives intéressantes.

Ainsi les énergies renouvelables, contrairement à leurs consœurs fossiles, manifestent une reterritorialisation de la production électrique. Leurs besoins, en termes d'accès immédiat à une ressource par essence non transportable, induisent des différences fondamentales entre les différents territoires, puisque leurs potentiels de production ne sont pas répliquables. La géographie du solaire photovoltaïque laisse ainsi apparaître des écarts très importants entre une Europe du Nord trop peu ensoleillée et une zone méditerranéenne où cette énergie recèle de nombreuses promesses. De même en ce qui concerne les énergies marines, les îles britanniques disposent d'un potentiel bien plus important que la France, ce qui explique, en partie, l'avance prise par l'entreprise Iberdrola – au travers de sa filiale Scottish Power – dans les projets-pilotes d'hydroliennes. Cette forte disparité entre les territoires est également conditionnée par l'appréhension politique de la question énergie-climat. En Pologne, par exemple, les ENR apparaissent hors des priorités du gouvernement, qui mise avant tout sur le gaz, voire

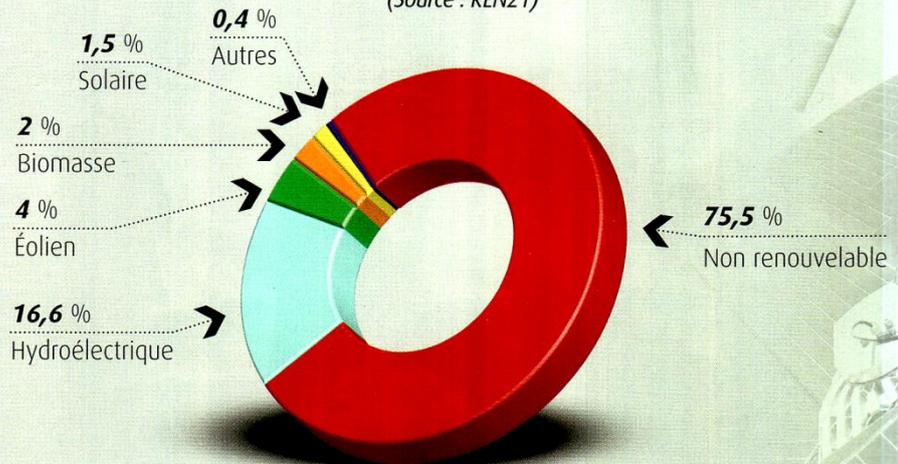
le nucléaire, pour l'évolution de son parc électrique. Il ne s'agit ainsi pas – uniquement – d'une question de maturité technologique, puisque certains pays très avancés comme le Japon ne semblent pas faire des ENR une priorité absolue, alors que des émergents comme l'Inde, au travers de l'Alliance solaire internationale, en font un des cœurs de leur évolution énergétique. Néanmoins un élément demeure, celui de l'importance des besoins de capacité électrique installée, conditionné par la taille des infrastructures.

## Une question de taille

Au-delà, la question de la capacité de production des infrastructures ENR se pose, avec une acuité d'autant plus importante dans les pays en développement. Le premier besoin qui doit être satisfait, concernant l'ensemble des territoires de la planète, est bien évidemment celui de l'accès à l'énergie. Il nécessite de disposer de capacités de production d'énergie à grande échelle à des coûts les plus faibles possibles.

## Part des énergies renouvelables dans la production globale d'électricité en 2016

(Source : REN21)



Dans ce cadre, le charbon demeure la source d'énergie la plus compétitive [voir p. 13 l'article de J.-M. Amouroux]. Deux éléments y concourent. Le premier est le faible prix du carbone à l'heure actuelle qui, en n'imposant pas de malus économique pour l'émission de gaz à effet de serre, ne dissuade pas de construire de nouvelles infrastructures. L'absence d'une véritable taxe carbone, qui est le péché originel des négociations climatiques internationales passées et actuelles, offre au charbon une place encore relativement importante dans les portefeuilles énergétiques nationaux (2). En outre, au niveau du marché international, l'explosion de la production des hydrocarbures non-conventionnels aux États-Unis et le désengagement progressif du charbon de la part de nombreux pays très avancés technologiquement, ont provoqué un effondrement des prix du charbon à cause de la surabondance sur le marché. Les prix très faibles du charbon constatés depuis la fin de la décennie 2000 induisent ainsi un intérêt pour cette source d'énergie de la part de pays aux moyens financiers limités, en particulier en Afrique.

Il faut également ajouter le développement technologique des centrales à charbon, dont les industriels, même s'ils sont

# Ressources énergétiques

de moins en moins nombreux (3), font valoir les performances environnementales des nouveaux types de centrales (charbon pulvérisé ultra-supercritique). Il en résulte une diminution globale des projets charbon, avec toutefois de grands volumes énergétiques prévus. Entre 2000 et 2017, plus de 900 GW de capacités de production électrique au charbon ont été ajoutés, et entre 2017 et 2040, malgré la prise en compte du caractère dommageable pour l'environnement, le charbon devait représenter 400 GW supplémentaires au niveau mondial.

Un phénomène relativement équivalent se produit aujourd'hui avec le gaz qui, s'il est plus cher au niveau de la matière première, est moins émetteur de gaz à effet de serre. Le gaz, qui permet lui aussi de construire de grandes unités de production – 575 MW pour la turbine de la centrale du Bouchain inaugurée en 2016 – avec des coûts limités, remplace progressivement le charbon comme base de production électrique dans les pays les plus avancés et certains grands émergents comme la Chine, malgré le développement exponentiel des renouvelables dans

politico-économique du pays –, le nucléaire est pour le moment privilégié, alors que d'autres pays comme l'Italie ou l'Allemagne misent plus sur le gaz.

La Chine, qui s'annonce depuis quelques années comme le champion des énergies renouvelables en valeur absolue, dispose néanmoins d'un mix toujours extrêmement carboné et si 50 % des nouveaux panneaux solaires installés au niveau mondial le sont en Chine, cela ne peut renverser une situation très profonde. La Chine qui est de plus en plus, au niveau international, considérée comme prenant en compte de manière importante les questions des effets des changements climatiques, demeure – et demeurera longtemps – le premier émetteur de CO<sub>2</sub> de la planète, avec plus de 10 millions de tonnes par an (4). Sans vouloir parler de *green washing*, il y a ici beaucoup d'effets d'annonce qui ne peuvent masquer une réalité plus complexe. Toujours est-il que la Chine se positionne malgré tout comme le leader industriel actuel et futur des énergies renouvelables, en termes de marché mondial.

“ La Chine qui est de plus en plus, au niveau international, considérée comme prenant en compte de manière importante les questions des effets des changements climatiques, demeure – et demeurera longtemps – le premier émetteur de CO<sub>2</sub> de la planète, avec plus de 10 millions de tonnes par an. ”



## Photo ci-dessus :

Le 24 janvier 2017, le président chinois, Xi Jinping, inspecte une ferme photovoltaïque dans la province du Hebei. Alors que le pays a consacré en 2017 près de 44 milliards de dollars à des projets d'énergie propre dans le monde, la décision des États-Unis de se retirer de l'Accord de Paris sur le climat constitue un tournant favorable pour la domination croissante de la Chine dans le domaine des énergies renouvelables, grâce à son leadership technologique dans le domaine et à son importante capacité financière. (© Xinhua/Li Tao)

ces pays. Le besoin de grandes infrastructures libérées de la contrainte de l'intermittence et aptes à fournir une base prévisible à la production d'un pays ou d'une région s'avère indispensable aux pays émergents et moins avancés, pour des questions d'accès à l'énergie. Un effet similaire – avec néanmoins quelques particularités – s'applique au nucléaire. Énergie complexe – y compris sur le plan médiatique –, le nucléaire offre la particularité de ne pas émettre de CO<sub>2</sub> lors de la production électrique, ce qui le place d'une certaine manière face aux renouvelables, alors même qu'il en est un complément naturel. Certes, les développements du nucléaire sont aujourd'hui cantonnés à quelques pays, mais la croissance des sources fossiles – limitée pour le nucléaire et le charbon, affirmée pour le gaz – limite mécaniquement la part qui sera prise dans les prochaines années par les ENR.

Cet effet de taille limite pour l'instant les énergies renouvelables à une utilisation de type complémentaire par rapport aux centrales fonctionnant aux énergies fossiles. Il en résulte une nécessité impérieuse de considérer, en l'état des technologies, des politiques publiques et des demandes, les énergies renouvelables dans un couple avec l'une ou l'autre des sources fossiles. En France – voire au Royaume-Uni, selon l'évolution

Le remplacement pur et simple des centrales fossiles ne peut quant à lui s'envisager pour le moment que dans les pays disposant à la fois d'un profil de consommation électrique mature et prévisible ainsi que d'un système très interconnecté, permettant une compensation des pics et creux de production en temps réel. Seule l'Europe occidentale semble pour le moment correspondre à cette description, ce qui explique le développement – en volume plus qu'en valeur absolue – des énergies renouvelables dans les pays les plus avancés du continent.

## La nécessité de la convergence technologique

Ces différentes problématiques mettent en évidence le besoin de faire fonctionner ensemble les énergies renouvelables avec les technologies d'efficacité énergétique – en particulier sur le stockage d'électricité – et la numérisation des services. Ces trois éléments convergent dans les villes intelligentes (*smart cities*) dont le développement à venir est une des réponses à l'urbanisation continue du monde, principalement dans les pays émergents. Les énergies renouvelables ne peuvent plus s'envisager, en masse, sans le recours aux dispositifs d'efficacité énergétique, à commencer par le stockage d'électricité à grande échelle. Plusieurs technologies sont ainsi nécessaires : le stockage lui-même, mais également la gestion des flux de



manière continue et prédictive, l'administration et le traitement des données des usagers en temps réel. Ces technologies, qui sont à la frontière de l'énergie et de l'IT, s'avèrent nécessaires pour diminuer, sinon annuler, les effets négatifs des renouvelables, à commencer par l'intermittence.

La concurrence internationale est ainsi lancée dans ces nouvelles briques technologiques. Si de nombreux pays ou entreprises regardent encore ces technologies comme étant plus de l'ordre de la prospective que de la réalité industrielle, certains ont choisi de s'y lancer pleinement. C'est notamment le cas de Total en France, qui a parfaitement intégré cette notion de convergence technologique avec, dans un premier temps, un investissement important dans le solaire via Sun Power, puis dans les batteries avec Saft. Le cas de Total est assez inédit au sein des *supermajors* pétrolières, mais les *utilities* ou les fournisseurs industriels de services à l'énergie (Engie, GE, Siemens, etc.) ont choisi de se positionner comme pionniers de cette évolution majeure du secteur électrique mondial.

Au-delà des énergéticiens traditionnels, de nouveaux acteurs investissent le marché. Dans certains cas comme Tesla, il s'agit avant tout d'une extension prévisible de leur *business model*, la richesse de la firme américaine reposant depuis longtemps bien plus dans ses batteries que dans ses véhicules eux-mêmes. Pour d'autres, il s'agit d'une évolution profonde. Les géants de la donnée américains, les GAFA(M), s'intéressent ainsi de plus en plus aux énergies renouvelables et à la convergence renouvelables-efficacité énergétique (5). Ces entreprises de l'IT sont à la base – et avant tout – des consommateurs d'électricité, puisque leurs *data centers* sont responsables à eux seuls de près de 2 % de la consommation électrique mondiale. L'investissement dans la production d'électricité était ainsi prévisible. Ce qui l'était moins, c'est l'extension des activités vers les services à l'énergie et les villes intelligentes, domaine qui tend à prendre une place de plus en plus grande dans les investissements des Google, Facebook ou Amazon au travers de rachats ciblés (en particulier dans le *cloud*, l'Internet des objets et l'intelligence artificielle), de structures dédiées (Sidewalk Labs pour Google) ou de partenariats avec des producteurs d'électricité (Virginia Power pour Microsoft,



Power New Mexico pour Facebook, etc.). Au-delà de ces problématiques entrepreneuriales, une question centrale trop souvent occultée demeure, s'agissant aussi bien des énergies renouvelables que des dispositifs d'efficacité énergétique : la demande en métaux stratégiques. La question commence à peine à éveiller des travaux quant à la disponibilité en quantité suffisante du lithium, du vanadium, du germanium, des terres rares ou des autres métaux rares, mais elle est de plus en plus soulevée au niveau des instances nationales (Royaume-Uni) ou régionales (UE). Les différentes filières technologiques renouvelables (éoliennes, panneaux solaires, etc.) ou de services énergétiques (batteries, compteurs intelligents, etc.) auront des impacts différenciés sur la demande en matières premières, mais il est certain que de nombreux marchés de ressources connaîtront à l'avenir des tensions. Il est, dans le contexte de la transition vers une mobilité de plus en plus électrique, révélateur de voir que les entreprises chinoises s'orientent vers l'acquisition de mines de lithium dans le cône sud du continent américain (Chili, Bolivie, Argentine) quand l'État russe s'oriente vers la réouverture des mines nationales de lithium, laissées en déshérence à la fin de l'ère soviétique.

## Quelles perspectives ?

Comme les autres énergies avant elles, les ENR ne seront pas une solution miracle aux nombreux problèmes énergétiques de la planète. Loin d'annoncer la transition, espérée par certains et redoutées par d'autres, vers un nouveau

modèle de société, elles vont plus probablement, dans un premier temps, s'insérer dans un nouvel équilibre énergétique, continu par rapport à notre mode de vie mais plus respectueux de l'environnement. Loin de l'idéologie, les énergies renouvelables sont appelées à continuer leur développement, provoquant comme toute technologie des confrontations et des compétitions économiques entre les principaux acteurs. Ressources, technologies et savoir-faire industriels sont déjà au cœur de dynamiques spatiales complexes où les ENR, en conjonction avec les technologies d'efficacité énergétique, ont le premier rôle. De la course aux hydrocarbures à celle aux métaux rares, il n'y a qu'un pas que certains ont d'ores et déjà franchi.

**Nicolas Mazzucchi**

### Notes

- (1) En Allemagne notamment, le choix a été fait de faire porter l'effort économique sur les ménages plutôt que sur les entreprises, faisant de l'électricité résidentielle allemande l'une des plus chères d'Europe.
- (2) Le charbon demeurait en 2016 la troisième source d'énergie et la première source d'électricité des pays de l'OCDE en volume global (environ 27 % talonné par le gaz naturel).
- (3) Les énergéticiens français par exemple, EDF et Engie, ont annoncé leur sortie du charbon avec la fermeture de centrales actuelles – en France – ou la vente des portefeuilles de centrales – en Pologne – pour disposer des actifs les plus « verts » possible.
- (4) À ce titre, la contribution nationale volontaire (INDC) de la Chine lors de la COP21 concerne la limitation (*peak* en anglais) du niveau des émissions nationales en 2030, pas leur réduction (<http://bit.ly/2mjKHEX>).
- (5) Voir l'entretien avec Cédric Christensen, « Les grands groupes américains en marche : de la transition à la révolution énergétique », *Diplomatie* n° 89, novembre 2017, p. 86-90 (Ndlr).

### Photo ci-contre :

Alors que Berlin ambitionne de tourner le dos au nucléaire d'ici 2022, et de s'approvisionner à 80 % en ENR à l'horizon 2050, le gouvernement allemand prenait la décision en juin 2016 de limiter l'expansion des énergies renouvelables dans le pays. La politique de subvention des énergies renouvelables y a entraîné un surcoût important pour les consommateurs, et les infrastructures d'acheminement de l'électricité éolienne, du Nord vers l'Ouest et le Sud du pays, ont du mal à suivre. (© Shutterstock/Angela Rohde)

## Pour aller plus loin

- Agence internationale de l'énergie, *World Energy Outlook*, Paris, OCDE, 2017.
- M. De Ridder, *The Geopolitics of Mineral Resources for Renewable Energy Technologies*, La Haye, The Hague Centre for Strategic Studies, 2013.
- « European innovation partnership on raw materials », *Strategic Evaluation Report 2016*, Bruxelles, UE, 2016.
- N. Mazzucchi, *Énergie : ressources, technologies et enjeux de pouvoir*, Paris, Armand Colin, 2017.
- N. Mazzucchi, « Les dépendances européennes en métaux stratégiques, une approche des chaînes de valeur », in *Annuaire français de relations internationales*, vol. XIX, Paris, à paraître.
- PNUE, *Metals Stocks and Recycling Rates*, ONU, Nairobi, 2011.